



**ANTÓNIO PEDRO
GOMES LACERDA**

**Metodologias Lean num Processo Produtivo de
Peças para Automóveis**



**ANTÓNIO PEDRO
GOMES LACERDA**

**Metodologias Lean num Processo Produtivo de
Peças para Automóveis**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família.

o júri

presidente

Prof^a. Doutora Leonor da Conceição Teixeira
professora auxiliar da Universidade do Aveiro

Prof. Doutor António Ernesto da Silva Carvalho Brito
professor auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof^a. Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Para desenvolver este projeto foi decisivo o apoio que recebi de várias pessoas a quem pretendo expressar o meu reconhecimento.

À Prof^a. Doutora Helena Alvelos, agradeço a sua orientação e permanente disponibilidade que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Ao Eng^o. Manuel Silva, pela minha seleção para integrar o Departamento de Engenharia de Processo da Simoldes Plásticos, bem como pelo apoio prestado e pelos conhecimentos transmitidos ao longo do Projeto de Estágio.

Ao Departamento de Engenharia de Processo e a todos os elementos da empresa com quem tive a oportunidade de trabalhar, pela experiência partilhadas e pelo bom ambiente de trabalho que proporcionaram.

À Eng^a. Raquel Xambre, pelas sugestões pertinentes e pela motivação demonstrada no trabalho a ser desenvolvido.

À minha mãe, ao meu pai e à minha irmã, pelo apoio incondicional e pelo estímulo essencial para o meu desenvolvimento enquanto pessoa.

Aos amigos de sempre.

Desejo ainda estender os meus agradecimentos à Universidade de Aveiro, em particular ao DEGEI, pelos ensinamentos transmitidos e pela atenção permanente com os alunos, e à Simoldes Plásticos, pela oportunidade de desenvolver este projeto e pela experiência profissional que me proporcionou.

palavras-chave

Lean Manufacturing, Melhoria Contínua, Valor, Desperdício, 5S, Mapeamento da Cadeia de Valor, Troca Rápida de Ferramenta, Manutenção Total Produtiva, *Poka-Yoke*, *Overall Equipment Effectiveness*.

resumo

A filosofia de gestão *Lean Manufacturing* envolve técnicas de criação de valor na ótica do cliente através da eliminação de desperdícios associados a sistemas produtivos.

O relatório apresentado descreve a aplicação de práticas *Lean Manufacturing* na empresa Simoldes Plásticos. O projeto em que se insere é referente à produção de componentes automóveis para o cliente Porsche.

O trabalho desenvolvido teve como objetivo promover o aumento da produtividade e da qualidade do processo produtivo associado ao projeto.

Para isso, foram aplicadas metodologias associadas à produção *Lean* em regime de Melhoria Contínua. Em particular, efetuou-se a análise do processo produtivo com base no Mapeamento da Cadeia de Valor, aplicaram-se as ferramentas 5S e Manutenção Total Produtiva, bem como a metodologia de Troca Rápida de Ferramenta.

A eficiência das implementações feitas foi avaliada com base em indicadores *Lean*, dos quais importa destacar o *Overall Equipment Effectiveness* e o Tempo de Ciclo. Os resultados obtidos comprovam o grande impacto que as práticas de gestão operacional orientais promovem em ambientes produtivos.

keywords

Lean Manufacturing, Continuous Improvement, Value, Waste, 5S, Value Stream Mapping, Single Minute Exchange of Die, Total Productive Maintenance, Poka-Yoke, Overall Equipment Effectiveness.

abstract

The Lean Manufacturing Management involves the use of techniques to maximize customer value by eliminating types of waste associated with production systems.

The report describes the application of Lean Manufacturing practices in the company Simoldes Plásticos. The project is related to the production of automotive parts for the Porsche customer.

The objectives of this work were to increase the productivity and the quality of the production process associated with the project.

Lean methodologies associated with Continuous Improvement were applied. A detailed analysis of the production process based on the Value Stream Mapping was conducted and the tools 5S and Total Productive Maintenance were applied as well as the methodology Single Minute Exchange of Die.

The efficiency of the implementations was measured using Lean indicators like the Overall Equipment Effectiveness and the Cycle Time. The results obtained confirm the great impact that the operational management practices from the eastern promote on productive environments.

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1	Introdução.....	1
1.1	Descrição da Simoldes Plásticos	1
1.2	Enquadramento e Objetivos do Projeto	2
1.3	Metodologia	3
1.4	Estrutura do Relatório	3
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	<i>Lean Manufacturing</i>	5
2.1.1	Princípios e Conceitos Gerais	5
2.1.1.1	Os Cinco Princípios <i>Lean</i>	6
2.1.1.2	Oito Desperdícios - Muda	6
2.1.1.3	Conceção do Trabalho	9
2.1.2	Ferramentas e Metodologias <i>Lean</i>	11
2.1.2.1	5S	11
2.1.2.2	Mapeamento da Cadeia de Valor	12
2.1.2.3	Manutenção Total Produtiva	13
2.1.2.4	Troca Rápida de Ferramentas	15
2.1.2.5	Diagramas de Fluxo	17
2.1.2.6	Métodos à Prova de Erro	17
2.1.3	Métricas <i>Lean</i>	18
2.2	Melhoria Contínua - <i>Kaizen</i>	21
2.2.1	Ciclo de <i>Deming</i>	21
3	Caso de Estudo: O Projeto Porsche.....	23
3.1	Caracterização do Projeto SP 020/10	23
3.2	Análise do Processo de Produção da Peça <i>Verkleidung Motorraum Hinten</i>	28
3.2.1	Formação de Grupos de Trabalho e Implicações no Processo Produtivo	30

3.2.2	Recolha e Tratamento Estatístico de Dados	31
3.2.3	Processo Inicial	36
3.2.4	Processo Futuro	43
3.2.5	Plano de Ação	49
3.2.6	Análise Financeira	50
3.2.7	Fase de Implementação das Ações Propostas	52
3.3	Aplicação da Ferramenta 5S ao Projeto	57
3.4	Aplicação da Metodologia TPM ao Projeto	61
3.5	Aplicação da Metodologia SMED ao Projeto	65
3.5.1	Diagnóstico Inicial	66
3.5.2	Ações de Melhoria	69
3.5.3	Resultados Obtidos	73
3.5.4	Implicações no <i>Stock</i> de Produto Intermédio	73
3.6	Eficiência Global - OEE	75
4	Conclusões e Sugestões de Trabalho Futuro.....	79
5	Referências.....	83
6	Anexos.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Simoldes Plásticos.....	1
Figura 2 – Os Oito Desperdícios.....	7
Figura 3 – Ciclo de Melhoria do Processo.....	11
Figura 4 – Princípios 5S.....	12
Figura 5 – Pilares do TPM.....	14
Figura 6 – Etapas e Conceitos da Metodologia SMED.....	16
Figura 7 – Evolução do Tempo de Troca de Ferramenta.....	16
Figura 8 – Tempos Envolvidos no Indicador OEE.....	19
Figura 9 – Ciclo de <i>Deming</i>	22
Figura 10 – Automóvel Porsche Cayman.....	23
Figura 11 – Peças do Automóvel Porsche Cayman Produzidas no Grupo Simoldes.....	24
Figura 12 – Fluxograma do Processo Produtivo.....	25
Figura 13 – <i>Layout</i> da Fábrica Simoldes Plásticos.....	26
Figura 14 – Módulos 1 e 2: a) Vista Geral; b) Máquina de Injeção de Plástico do Módulo 2.....	26
Figura 15 – Módulo de Montagem.....	27
Figura 16 – Armazém de Produtos Inacabados e Finais do Projeto.....	27
Figura 17 – Peça <i>Verkleidung Motorraum Hinten</i>	28
Figura 18 – Componentes da Peça <i>Verkleidung Motorraum Hinten</i>	28
Figura 19 – Processo de Montagem da Peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i> em Pré-Série.....	29
Figura 20 – Intervenientes de um Grupo de Melhoria Contínua.....	30
Figura 21 – Mapeamento do Processo Produtivo Inicial.....	37
Figura 22 – <i>Layouts</i> do Processo Inicial.....	39
Figura 23 – Estado Inicial dos Postos de Trabalho da Peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i>	40
Figura 24 – Pontos Críticos Referentes ao Ensacamento do <i>Traegerteil</i>	40
Figura 25 – Presença de Película no Componente <i>Huelle</i>	41
Figura 26 – Fissuras no Alumínio do Componente <i>Huelle</i>	42
Figura 27 – Passagem de Silicone no <i>Traegerteil</i> e Corte de Patilhas.....	42
Figura 28 – Mapeamento do 1º Processo Produtivo Futuro.....	44
Figura 29 – <i>Layouts</i> do 1º Processo Produtivo Futuro.....	46
Figura 30 – Mapeamento do 2º Processo Produtivo Futuro.....	47
Figura 31 – <i>Layout</i> do 2º Processo Produtivo Futuro.....	48
Figura 32 – Alterações da Dimensão do <i>Traegerteil</i>	52

Figura 33 – Estrutura de Suporte aos Rolos das Fitas Adesivas.....	53
Figura 34 – Nova Configuração Interna das Embalagens do Componente <i>Huelle</i>	53
Figura 35 – Mesa Utilizada na Montagem de EPDM.....	54
Figura 36 – Base de Apoio à acoplagem do <i>Huelle</i> no <i>Traegerteil</i>	54
Figura 37 – Processo de Dobragem de Patilhas do <i>Huelle</i> e de Detecção de Componentes.....	55
Figura 38 – Dimensões do Insono.....	55
Figura 39 – Mesa Usada para Colocação de Insonos.....	56
Figura 40 – Símbolo do Projeto.....	56
Figura 41 – Estado Atual do Posto de Montagem da Peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i>	57
Figura 42 – Prolongamento de Fonte Elétrica.....	57
Figura 43 – <i>Layout</i> Inicial dos Postos do Projeto.....	58
Figura 44 – Primeira Disposição dos Postos no Módulo de Montagem.....	58
Figura 45 – <i>Layout</i> dos Postos do Projeto em Março.....	59
Figura 46 – Disposição Final dos Postos no Módulo de Montagem.....	59
Figura 47 – <i>Layout</i> Final dos Postos do Projeto.....	60
Figura 48 – Identificação do Lugar para Caixotes do Lixo.....	60
Figura 49 – Identificação de Componentes e dos Postos de Trabalho.....	60
Figura 50 – Limpeza e Pintura das Áreas dos Postos.....	61
Figura 51 – Troca de Fichas de Interface do Robot.....	62
Figura 52 – Colocação de uma Proteção Física na Zona dos Coletores.....	62
Figura 53 – Limpeza de Fugas de Óleo.....	62
Figura 54 – Reparação da Estrutura de Suporte de Peças Padrão.....	63
Figura 55 – Colocação de Bases Junto às Máquinas de Injeção.....	63
Figura 56 – Desenrolador para Mangueira de Ar.....	64
Figura 57 – Pintura do Chão de Fábrica.....	64
Figura 58 – Substituição de Tomadas.....	64
Figura 59 – Gráfico com Variação da Eficiência Durante a Troca de Moldes.....	65
Figura 60 – Diagrama de <i>Gantt</i> com Dados da Troca do Molde 7386 a 29 de Janeiro de 2013.	66
Figura 61 – Estufagem do Material ABS PA no Posto da Máquina EN 700 I.....	67
Figura 62 – Ligações de Água Quente e de Óleo Chantadas.....	68
Figura 63 – Primeira Peça Injetada pela Máquina EN 700 I.....	68
Figura 64 – Botão de Descompressão do Equipamento.....	70
Figura 65 – Operação de Aperto de Molde.....	70
Figura 66 – Percurso Percorrido pelos Moldes Durante a Troca.....	71

Figura 67 – Deposição de Molde com Recurso à Grua.....	71
Figura 68 – Limpeza de Fuso e Molde.....	72
Figura 69 – Proposta de Estrutura com Três Tremonhas.....	72
Figura 70 – Diagrama de <i>Gantt</i> com Dados da Troca do Molde 7386 a 14 de Março de 2013...	73
Figura 71 – Folha de Cálculo do Rendimento Global do Projeto Porsche no Módulo de Montagem.....	76
Figura 72 – Evolução Temporal de Dois Processos Produtivos Através do Indicador OEE.....	76
Figura 73 – Gama de Fabrico da Peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i> (1).....	89
Figura 74 – Gama de Fabrico da Peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i> (2).....	90
Figura 75 – Gama de Fabrico da Peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i> (3).....	91
Figura 76 – Ficha de Manutenção Autónoma da Máquina EN 700 I.....	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Informação sobre o Processo de Produção da Peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i>	31
Tabela 2 – Nível de Confiança – Valores de z	32
Tabela 3 – Valores Observados no Posto da Máquina EN 700 I.....	35
Tabela 4 – Valores Observados no Posto 10 do Módulo de Montagem.....	36
Tabela 5 – Dados do Processo Produtivo Inicial.....	38
Tabela 6 – Valores das Métricas Associadas ao Processo de Montagem.....	43
Tabela 7 – Dados do 1º Processo Produtivo Futuro.....	45
Tabela 8 – Dados do 2º Processo Produtivo Futuro.....	48
Tabela 9 – Plano de Ação.....	49
Tabela 10 – Análise dos Ganhos Associados às Alterações do Processo.....	51
Tabela 11 – Análise dos Custos Associados às Alterações do Processo.....	51
Tabela 12 – Plano de Ação SMED.....	69
Tabela 13 – Dados de <i>Stock</i> Intermédio.....	74

1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o projeto desenvolvido na empresa Simoldes Plásticos, no âmbito da disciplina Estágio/Projeto/Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade de Aveiro.

O projeto consistiu na aplicação de metodologias *Lean Manufacturing* a uma situação real: o processo de produção de peças do interior de um automóvel para o cliente Porsche.

O estágio iniciou-se em setembro de 2012 e teve a duração de 8 meses.

1.1 Descrição da Simoldes Plásticos

A origem do Grupo Simoldes remonta ao ano de 1959, aquando da criação da empresa Simoldes Aços, na cidade de Oliveira de Azeméis. A ligação à indústria automóvel, que se iniciou em 1968, permitiu ao grupo um rápido e sólido crescimento. O espírito empreendedor do proprietário fez com que o grupo se expandisse começando a produzir peças plásticas por injeção em 1980. Esta aposta levou à divisão da Simoldes em dois grandes grupos: Divisão de Aços (*Tool Division*) e a Divisão de Plásticos (*Plastic Division*).

Atualmente, a divisão de plásticos do grupo possui sete fábricas espalhadas por Portugal, Brasil, França e Polónia, mantendo a sua sede em Oliveira de Azeméis, na Simoldes Plásticos.



Figura 1 – Simoldes Plásticos

Fonte: Simoldes Plásticos, 2013

A missão do Grupo Simoldes é constituir-se como a escolha preferencial de clientes, funcionários e fornecedores, contribuindo para um crescimento sustentável e para a satisfação dos seus *stakeholders*.

O Grupo Simoldes rege-se por um conjunto de valores centrados em duas preocupações essenciais: honrar os seus compromissos e promover um ambiente de confiança.

Como objetivos que pautam a sua atuação a Simoldes Plásticos pretende ser uma empresa bem-sucedida apostando na qualidade dos seus produtos e na satisfação das necessidades e expectativas dos clientes e colaboradores. Para este efeito a empresa segue uma estratégia de melhoria contínua que implica o envolvimento de todos os seus elementos.

Possuindo tecnologia de ponta e *know-how* ao nível da conceção e acompanhamento de grandes projetos, é um dos poucos grupos do setor de injeção de plásticos a fornecer diretamente construtores automóveis de renome mundial como a Renault, a Citroën, a Peugeot, a VW, a Volvo, a Nissan, a Porsche, a Toyota, a Seat, a Honda, a Audi ou a Mercedes.

Os produtos produzidos pela Simoldes Plásticos para o setor automóvel incluem peças de revestimento e de insonorização, que são aplicadas no interior dos veículos.

Departamento de Engenharia de Processo

Este estágio teve lugar no Departamento de Engenharia de Processo que, dentro da fábrica Simoldes Plásticos, é o setor responsável por garantir todas as condições necessárias à produção dos componentes para veículos automóveis. Trata-se, por este motivo, de um departamento com uma área de atuação transversal aos restantes departamentos da empresa.

O objetivo principal do departamento é garantir a melhoria contínua dos processos produtivos e as práticas implementadas baseiam-se na filosofia *Lean Manufacturing*.

1.2 Enquadramento e Objetivos do Projeto

As empresas portuguesas, fruto da crise económica que o país atravessa e do ambiente fortemente concorrencial em que têm de competir, têm vindo a voltar-se para o mercado externo. A sua internacionalização, através do aumento das exportações ou do estabelecimento de parcerias com empresas estrangeiras, surge como uma das soluções para a sua própria sobrevivência.

Por outro lado, cresce a necessidade de as empresas apostarem fortemente no aumento da produtividade. A procura de uma maior eficiência constitui uma preocupação cada vez mais presente no meio empresarial. Sem uma melhoria contínua dos seus processos de trabalho que se traduza no aumento da sua produtividade, a capacidade competitiva das empresas tenderá a diminuir. Daí a importância que assume o pensamento *lean*, muito centrado na eliminação dos desperdícios e na redução dos custos de produção.

Foram estes os fatores que levaram o grupo Simoldes, numa decisão estratégica de médio/longo prazo, a estabelecer uma relação com um parceiro poderoso da indústria automóvel, o construtor Volkswagen – Porsche e a tornar-se um seu fornecedor de várias peças para um modelo automóvel de gama alta da Porsche.

Este projeto centrou-se no acompanhamento do processo produtivo de peças para a Porsche, e teve como objetivo promover o aumento da produtividade e da qualidade do referido processo. Para tal, identificaram-se os pontos críticos do processo, sugeriram-se ações de melhoria, implementaram-se grande parte dessas ações e avaliaram-se os resultados alcançados com a sua execução.

1.3 Metodologia

Para se atingirem estes objetivos foi necessário estudar a filosofia de gestão *Lean Manufacturing*, recolher os dados pertinentes para a análise do processo produtivo e, posteriormente, definir e implementar as ações de melhoria, bem como monitorizar os resultados alcançados.

É de referir que o início do estágio, ao coincidir com a fase inicial do projeto Porsche, permitiu o acompanhamento do processo produtivo desde o seu arranque.

Num primeiro momento, procedeu-se à pesquisa bibliográfica centrada sobre os conceitos e a metodologia *Lean Manufacturing*, com base na qual se analisou o processo de fabrico de peças, objeto deste estudo.

A primeira ação desenvolvida teve a ver com a organização das áreas de trabalho dedicadas ao projeto Porsche e baseou-se na aplicação das metodologias 5S e TPM.

A produção de peças teve início no final de novembro, altura em que se formaram os grupos de trabalho para o acompanhamento do projeto e em que se procedeu à recolha e ao tratamento dos dados necessários à descrição e à caracterização deste processo produtivo.

Com base na aplicação parcial da metodologia VSM mapearam-se os estados iniciais e definiram-se ações com vista à eliminação de desperdícios e à otimização do processo de fabrico. As alterações acordadas, constantes do plano de ação, começaram a ser implementadas no início do ano de 2013.

No fim de janeiro foi analisado o processo de troca de moldes com base na metodologia SMED.

A implementação das ações decorrentes da aplicação das metodologias atrás referidas processou-se ao longo do tempo e até ao fim do estágio, em regime de melhoria contínua.

A monitorização dos processos produtivos referentes às diferentes peças fabricadas para a Porsche baseou-se na métrica OEE e decorreu entre fevereiro e abril.

Por fim, o projeto foi dado por concluído a 26 de abril, muito embora ainda não tivessem sido implementadas todas as ações de melhoria propostas e acordadas, nem homologados todos os produtos, processos e equipamentos pela Simoldes Plásticos.

1.4 Estrutura do Relatório

O presente relatório, intitulado “**Metodologias Lean num Processo Produtivo de Peças para Automóveis**”, encontra-se estruturado em quatro capítulos.

No Capítulo 1, que agora se conclui, é feita uma breve introdução ao projeto. Procedeu-se, em primeiro lugar, à descrição sumária da empresa Simoldes Plásticos onde decorreu o estágio. Foi salientada a sua importância no setor de injeção de plásticos que a torna um fornecedor de referência de grandes empresas do setor automóvel e explica a sua aposta mais recente em ter a construtora Porsche como cliente. É precisamente este projeto desenvolvido para a Porsche que

foi acompanhado ao longo do estágio. Neste capítulo foram igualmente apresentados os objetivos traçados para o estágio e explicitada, em linhas gerais, a metodologia adotada tendo em vista a análise e a otimização dos processos produtivos associados ao projeto Porsche. Como foi referido o trabalho desenvolvido baseou-se na aplicação da filosofia de gestão *Lean Manufacturing*.

O Capítulo 2 corresponde ao enquadramento teórico do projeto. Apresenta o quadro concetual e metodológico que suporta o estudo do projeto Porsche. As referências teóricas essenciais consideradas para este efeito relacionam-se com os conceitos de *Lean Manufacturing* e de *Kaizen*. Com base na literatura da especialidade descrevem-se os fundamentos teóricos e os principais conceitos do pensamento *Lean*, bem como as metodologias e as ferramentas usadas no projeto: 5S, Mapeamento da Cadeia de Valor, Manutenção Total Produtiva, Troca Rápida de Ferramentas e Métodos à Prova de Erro. Estas metodologias permitem obter uma leitura global dos processos produtivos, avaliar o seu desempenho, e ainda, conceber e implementar planos de ação para aumentar a eficiência destes processos. A filosofia *Kaizen*, que é abordada na segunda parte deste capítulo, visa, por sua vez, promover uma cultura de melhoria contínua e tem no Ciclo de *Deming*, como é salientado no relatório, um dos seus principais instrumentos de aplicação.

O Capítulo 3 contém a descrição pormenorizada do trabalho desenvolvido na empresa Simoldes Plásticos. Num primeiro momento caracteriza-se o projeto, apresenta-se o fluxograma do processo produtivo que lhe corresponde e explica-se o seu enquadramento na fábrica. A análise detalhada do processo de produção de uma das principais peças fabricadas para a Porsche constitui o foco central deste capítulo e teve como ponto de partida a aplicação da metodologia de Mapeamento da Cadeia de Valor, quer para a caracterização do estado inicial do processo produtivo, quer para a projeção do seu estado futuro. Para este efeito procedeu-se à recolha e ao tratamento estatístico da informação relevante sobre o processo de produção e à determinação dos seus indicadores chave. Ainda no âmbito da análise deste processo de produção são explicitadas as ações de melhoria propostas para se alcançar um estado futuro mais eficiente e é determinado o seu impacto financeiro do ponto de vista dos respetivos custos e ganhos. Os pontos seguintes dizem respeito à aplicação das metodologias 5S, TPM e SMED ao projeto numa perspetiva de melhoria contínua. Este capítulo finaliza com a monitorização deste processo produtivo, realizada com base no indicador OEE, que mede a eficiência global do processo ao longo do tempo.

Por último, o Capítulo 4 sintetiza as principais conclusões do trabalho desenvolvido e aponta algumas sugestões de trabalho futuro.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo apresenta-se o enquadramento teórico do projeto, que foi desenvolvido com recurso ao estudo das filosofias de gestão *Lean Manufacturing* e Melhoria Contínua.

2.1 *Lean Manufacturing*

Durante o século XX o sistema de Produção em Massa, concebido por Henry Ford, foi utilizado com sucesso pela Ford Motor Company, que se afirmou como a referência máxima da indústria automóvel. A produção em larga escala de produtos standardizados e o recurso a linhas de montagem constituíam os princípios em que se baseava a gestão. No entanto, a dificuldade em se adaptar a um mercado onde a procura de produtos diversificados era crescente, bem como a escassez de recursos provocada pela 2ª Guerra Mundial, fez com que a Ford começasse a perder a influência do passado (www.lean.org; Womack *et al.*, 1990).

Após a 2ª Guerra Mundial o Sistema de Produção Toyota (TPS) surgiu no Japão como alternativa à Produção em Massa e teve em Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo os seus principais impulsionadores. O aparecimento do sistema *just-in-time* (JIT), a utilização de pequenos lotes de produção, a redução do tempo de produção, a troca rápida de ferramentas ou a aposta na qualidade e na diversidade dos produtos a baixo preço, constituíram as bases de atuação da empresa Toyota. Esta abordagem representou uma revolução na produção automóvel e o seu sucesso nas últimas décadas fez da empresa uma referência a nível mundial no setor. (www.lean.org; Womack *et al.*, 1990).

O TPS serviu de base ao *Lean Production Management*, método de gestão dado a conhecer ao mundo por James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross, depois de um estudo de 5 anos na construtora Toyota. Esta abordagem permite às empresas definir valor, decidindo sobre a sequência de ações a implementar quando lhes é pedido algo, para assim atuarem com a maior eficiência possível. A maximização do valor na ótica do cliente, a partir da eliminação de todas as formas de desperdício, é apontada como o objetivo principal da gestão de produção *Lean* (Womack *et al.*, 1990; Womack e Jones, 2003).

O grande sucesso da filosofia de gestão *Lean* fez com que os princípios e as ferramentas aplicadas à produção na indústria automóvel comessem a ser adaptados a diferentes setores, com resultados igualmente satisfatórios (www.lean.org).

2.1.1 Princípios e Conceitos Gerais

Neste ponto procede-se à descrição dos princípios e dos conceitos gerais associados à filosofia *Lean*.

2.1.1.1 Os Cinco Princípios *Lean*

Valor – Trata-se de um ponto de partida para o pensamento *Lean* que apenas pode ser definido pelo cliente. Womack e Jones (2003) descrevem o valor como a capacidade de providenciar no tempo certo e com o preço apropriado os produtos/serviços acordados com o cliente.

Fluxo de Valor – Retrata todas as ações necessárias à passagem de um produto por dois fluxos essenciais: o fluxo da produção, que ocorre desde a entrada da matéria-prima até à entrega do produto ao cliente, e o fluxo do projeto, cujas fases vão da concepção ao lançamento (Rother e Shook, 2003).

Otimização do Fluxo de Valor – Incide no fluxo seguido pelos produtos ao longo da cadeia de valor até ao cliente final, incluindo apenas as atividades que acrescentam valor (Weigel, 2000).

Sistema de Produção Puxada – Sistema de produção onde as instruções de fabrico são dadas pelo cliente final e percorrem, no sentido inverso, todo o fluxo de valor. Está relacionado com a produção *Just-in-Time* no sentido em que só são produzidas as quantidades de produtos desejadas pelo cliente e no momento em que este pretende, evitando assim desperdícios que possam advir do excesso de produção (Weigel, 2000).

Perfeição – A busca da perfeição é o princípio final da filosofia *Lean*. Womack e Jones (2003) defendem a completa eliminação dos desperdícios para que todas as atividades ao longo do fluxo acrescentem, efetivamente, valor. Tal significa que a busca de perfeição tem de ser vista como um caminho, um rumo de ação e não como um fim em si mesmo.

2.1.1.2 Oito Desperdícios - *Muda*

Desperdício, ou *Muda*, palavra correspondente em japonês, diz respeito a atividades que não acrescentam valor, que consomem recursos e tempo e que tornam os produtos/serviços mais caros do que deveriam ser. De acordo com Pinto (2009), as atividades que não criam valor consomem cerca de 95% do tempo nas organizações. Problemas burocráticos, pausas excessivas ou reuniões improdutivas não trazem benefícios para as empresas e representam um desperdício de tempo e de dinheiro.

Como refere Ohno (1988), é necessário olhar para o intervalo de tempo que se estende desde a apresentação do pedido por parte do cliente até ao momento em que o produto/serviço é entregue e tentar reduzi-lo através da eliminação de desperdícios.

Deve, no entanto, ser feita uma distinção entre dois tipos de desperdícios, os inevitáveis e os evitáveis. Os primeiros representam atividades que, apesar de não acrescentarem valor na ótica do cliente, são necessárias e devem, portanto, ser minimizadas. Já os evitáveis, definidos como “puro desperdício”, devem tendencialmente ser eliminados (Pinto, 2009).

No sentido de identificar os desperdícios mais comuns, Ohno e Shingo definiram, aquando de um estudo sobre o Sistema de Produção Toyota (TPS), sete categorias de desperdícios. Na atual bibliografia de referência sobre o tema são identificadas outras categorias, das quais importa

reter, em particular, uma. Estas oito categorias de desperdícios são apresentadas na seguinte figura.



Figura 2 – Os Oito Desperdícios

Adaptação de: <http://ygraph.com/chart/3087>

Stock – O primeiro tipo de desperdício é referente ao excesso de *stock*. As principais causas são o elevado tempo de mudança de ferramentas, a aceitação do *stock* como parte do ativo da organização, a existência de gargalos na produção ou o mau balanceamento dos processos produtivos (com diferentes ritmos de trabalho) (Pinto, 2009).

Uma das consequências do excesso de *stock* é o aumento do custo do produto devido à sua manipulação, ao espaço ocupado e à documentação extra que este exige. É comum identificarem-se desperdícios nos pontos onde há tendência para o excesso de *stock* (Pinto, 2009).

Para se eliminar o excesso de *stock* deve-se utilizar um sistema de produção puxada, que apenas produz o necessário para satisfazer os pedidos. Diminuir o tempo de mudança de ferramentas ou balancear os processos produtivos são outras medidas que garantem a diminuição da quantidade de *stock* (Pinto, 2009).

Desperdício do Potencial Humano – Segundo Ohno (1988), um dos objetivos do Sistema de Produção Toyota é “criar pessoas pensantes” pois estas são o seu principal recurso. Dar formação e incentivar a participação e o comprometimento de todos os trabalhadores garante às organizações ganhos financeiros e de eficiência muito significativos.

Por exemplo, um operador tem uma percepção diferente de um gestor de projeto relativamente aos problemas reais de uma máquina. Se o operador não for consultado ou se as suas recomendações não forem tidas em conta, é possível que alguns defeitos não sejam corrigidos da melhor maneira.

Esperas – Corresponde ao tempo passado por pessoas ou equipamentos à espera de algo. Este tipo de desperdício pode ocorrer devido a vários problemas como de *layout*, a obstruções nos fluxos, a atrasos nas entregas por parte dos fornecedores ou ao deficiente balanceamento de processos (Pinto, 2009).

O balanceamento dos processos produtivos de acordo com a procura, a rápida mudança de ferramentas ou modificações nos *layouts* dos postos de trabalho são algumas das medidas que podem ser tomadas para se eliminarem tempos mortos de uma forma efetiva (Pinto, 2009).

Movimentos Desnecessários dos Trabalhadores – Este tipo de desperdício envolve todos os movimentos efetuados por trabalhadores que não acrescentam valor ao produto (Pinto, 2009).

Introduzido por Gilbreths, o estudo dos movimentos é realizado para eliminar desperdícios patentes na realização de tarefas por parte dos operadores. É um método que pode reduzir significativamente os custos de produção (Freivalds, 2009).

Aspetos como a localização e a posição de ferramentas e materiais ou a utilização da gravidade devem ser tidos em conta na criação de postos de trabalho eficazes e eficientes. São questões que fazem parte dos princípios da economia dos movimentos (Meyers *et al.*, 2002).

Outro aspeto determinante para o estudo dos movimentos é a ergonomia. A altura das mesas e das máquinas nos postos de trabalho, a luminosidade ou o espaço disponível influenciam a performance dos trabalhadores. É neste sentido que devem ser dadas condições de trabalho aos operadores que se adequem às suas características físicas (Meyers, 2002).

Erros e Defeitos – Os problemas de qualidade e os defeitos dão origem a queixas por parte dos clientes, a inspeções e a reparações. Todos estes aspetos têm custos associados e diminuem a produtividade das empresas. A origem destes problemas deve-se, por norma, à ausência de padrões nas operações, à falta de sistemas de inspeção e autocontrolo ou a erros humanos (Pinto, 2009).

Para se eliminarem os defeitos devem ser implementados métodos à prova de erros e fluxos de produção contínuos, padronizadas as operações e automatizadas certas atividades (Pinto, 2009).

Transportes – De forma a passarem por todas as operações necessárias à produção da peça, os produtos e materiais necessitam de ser movimentados ao longo da fábrica. Para isso são necessários sistemas de transporte que ocupam espaço, têm um custo de aquisição e manutenção, aumentam o tempo de produção e podem danificar os próprios produtos (Pinto, 2009).

A alteração do planeamento produtivo, a correção dos *layouts* da fábrica ou a mudança para sistemas de transporte mais pequenos e flexíveis são algumas das medidas mais utilizadas para reduzir os movimentos dos materiais e os desperdícios associados (Pinto, 2009).

Operações e Processos Excessivos – Qualquer operação ou processo que não acrescente valor ao produto representa um desperdício para as empresas, além de potenciar o aparecimento de

defeitos na peça. Este tipo de desperdício é geralmente originado por falta de formação dos operadores ou pela ausência de processos normalizados (Pinto, 2009).

De forma a eliminar estes desperdícios e a otimizar as operações pode optar-se por assegurar a formação necessária dos colaboradores, por automatizar algumas tarefas ou por mapear os processos produtivos para que estes estejam bem definidos (Pinto, 2009).

Produção em Excesso – A última categoria desta lista é a mais crítica e diz respeito à produção em maior quantidade do que o necessário num dado momento. Como consequência utilizam-se vários recursos sem que haja o esperado retorno financeiro, aumenta-se o *stock* e o espaço de armazenamento e perde-se flexibilidade no planeamento produtivo (Pinto, 2009; Ohno, 1988).

O tamanho excessivo de lotes produtivos por forma a equilibrar a relação entre os custos de preparação e os custos de posse de materiais, a antecipação da produção ou a geração de *stock* para combater produções de peças defeituosas são identificadas por Pinto (2009) como as principais causas da produção excessiva.

Para evitar a produção em excesso e as suas consequências, assume grande relevância a implementação de metodologias de produção *Lean* como o mapeamento da cadeia de valor, o balanceamento dos processos produtivos, a utilização da produção puxada ou a troca rápida de ferramentas (Pinto, 2009).

2.1.1.3 Conceção do Trabalho

O ambiente de trabalho pode ser visto como um sistema complexo resultante da interação entre trabalhadores, máquinas, ferramentas e outros aspetos organizacionais. Daí que a conceção de sistemas de trabalho funcionais deva ser considerada, por parte da gestão de uma empresa, um elemento chave na estratégia operacional da organização. Com o objetivo de se aproveitar ao máximo o potencial humano existente nas empresas, há cada vez mais a preocupação de melhorar as condições de trabalho dos funcionários, bem como de promover o respeito mútuo entre todos os elementos de uma organização (Stevenson, 2005 e Meyers *et al.*, 2002). Esta questão adquire maior relevância quando a empresa adota um processo produtivo *Lean* que, pela sua natureza, tende a aumentar o nível de *stress* dos trabalhadores.

O ambiente cada vez mais competitivo em que as empresas se movimentam obriga-as, por outro lado, a procurarem aumentar a sua produtividade e a reduzirem os custos.

Estes dois fatores justificam a importância que as empresas atribuem à conceção do trabalho, como referem Freivalds (2009) e Stevenson (2005). Este estudo envolve a especificação do conteúdo e do método de trabalho. Foca-se no trabalho que é feito, em como é feito, quem o faz e onde é feito. As suas implicações surgem ao nível da produtividade, da segurança e da qualidade de vida durante o trabalho (Stevenson, 2005).

Análise dos Métodos de Trabalho

Esta técnica é utilizada para analisar a maneira como o trabalho é feito. É conhecida por ter um impacto positivo na produtividade das empresas. A sua utilização deriva de vários fatores, como a mudança de ferramentas e equipamentos, as alterações no design do produto ou a introdução de novos produtos, as alterações nos materiais ou processos, entre outros (Stevenson, 2005).

A escolha das operações a estudar tende a concentrar-se sobre trabalhos que impliquem grandes necessidades de mão-de-obra, que sejam feitos frequentemente, que sejam cansativos ou inseguros, ou que apresentem problemas de qualidade ou gargalos no seu processo (Stevenson, 2005). O objetivo é incidir a análise nas tarefas com maior impacto em termos de eficiência produtiva.

A análise dos métodos de trabalho está em parte ligada à metodologia de Qualidade 5W2H's. Esta defende o uso de perguntas chave para se obter informações sobre o trabalho: "O quê?", "Porquê?", "Onde?", "Quando?", "Por quem?", "Como" e "Por quanto?". Esta metodologia sugere o uso de tabelas como as de fluxo do processo ou de trabalhador-máquina e aplica-se tanto a novos processos como aos que já se encontram em andamento. No primeiro caso procura-se obter o máximo de informação relevante, desde ferramentas a materiais usados, e agregá-la em tabelas desenvolvidas com esse intuito. Em seguida, através da capacidade de visualização do processo geral, procede-se ao estabelecimento de um método de trabalho mais adequado. Para processos em andamento a abordagem é ligeiramente diferente. Implica uma observação detalhada do trabalho desenvolvido para análise e apresentação de propostas de melhorias (Stevenson, 2005). Algumas das perguntas representativas usadas por analistas são do género:

Como se podem diminuir ou evitar as distâncias percorridas?

É possível reduzir o manuseamento dos materiais?

O uso de novos equipamentos pode ajudar o processo?

Terá o reajustamento do posto de trabalho um impacto positivo na eficiência?

Para que a fase de implementação das melhorias propostas seja bem-sucedida é necessário que haja, por parte da gestão, um grande poder de persuasão acerca do novo método. No entanto, a implementação pode ser comprometida caso não haja a imprescindível colaboração por parte dos trabalhadores. Esta situação pode ser evitada, bastando para tal que os operadores sejam envolvidos desde cedo no processo de tomada de decisão (Stevenson, 2005).

De modo a assegurar que se alcançaram os resultados pretendidos é aconselhável que o processo seja acompanhado durante algum tempo e os operadores sejam ouvidos frequentemente (Stevenson, 2005).

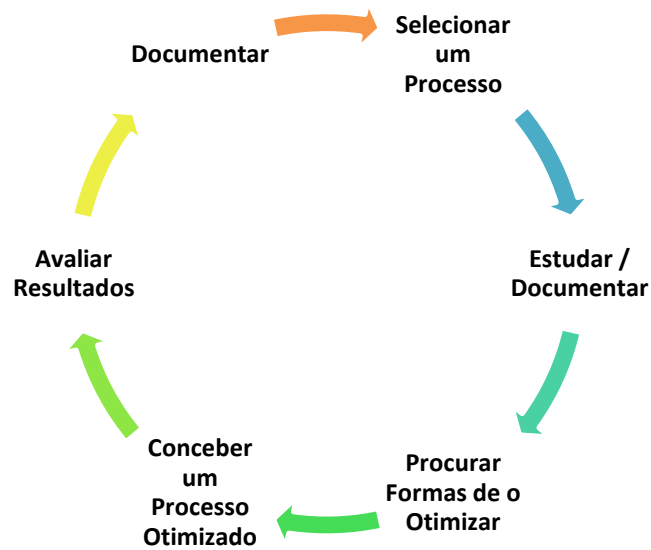


Figura 3 – Ciclo de Melhoria do Processo

Adaptação de: Stevenson, 2005

2.1.2 Ferramentas e Metodologias *Lean*

Nos pontos seguintes procede-se à descrição das ferramentas e metodologias *Lean* que serão aplicadas no decorrer do projeto alvo do presente relatório.

2.1.2.1 5S

A ferramenta 5S, que teve origem no Japão, representa uma das bases para a implementação da filosofia *Lean* em empresas e constitui igualmente uma ferramenta de suporte de grande parte de metodologias que lhe estão associadas. Serve de auxílio à eliminação de desperdícios que potenciam o surgimento de erros e defeitos e que põem em causa a segurança no local de trabalho (Liker, 2004). A ferramenta é igualmente eficiente na melhoria do desempenho geral das empresas através da “manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho” (Pinto, 2009).

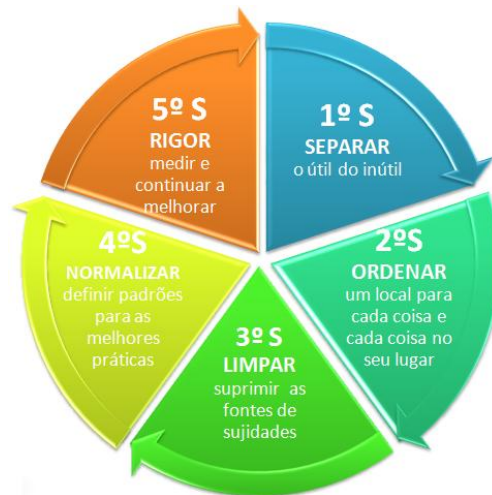


Figura 4 – Princípios 5S

Adaptação de: www.gembapantarei.com

Os cinco princípios sobre os quais assenta a ferramenta 5S podem ser descritos sumariamente da seguinte forma (Liker, 2004):

- Separar (*Seiri*) – Selecionar apenas o útil e necessário à realização das tarefas, descartando tudo o que for desnecessário no posto de trabalho;
- Ordenar (*Seiton*) – Organizar o posto de trabalho através da definição e identificação (visual) de locais específicos para cada utensílio e da sua colocação no respetivo sítio;
- Limpar (*Seiso*) – Assegurar a limpeza do posto de trabalho, o que facilita igualmente a inspeção do mesmo, deixando à vista possíveis anomalias que possam pôr em causa o seu bom funcionamento;
- Normalizar (*Seiketsu*) – Definir sistemas e processos de manutenção e monitorização dos três primeiros S's, através de normas gerais de arrumação e limpeza que garantam as melhores práticas.
- Rigor (*Shitsuke*) – Manter condições estáveis do local de trabalho através da disciplina e do rigor, assegurando assim a aplicação dos passos anteriores numa lógica de melhoria contínua.

2.1.2.2 Mapeamento da Cadeia de Valor

O mapeamento da cadeia de valor (VSM - *Value Stream Mapping*) é uma ferramenta de auxílio à visualização e compreensão do percurso de material e de informação ao longo da cadeia de valor, permitindo uma visão global de todas as atividades envolvidas no processo produtivo desde o pedido do cliente à entrega do produto. Apesar de ter sido desenvolvida por Rother em 1999, a ferramenta teve como base os Mapas de Fluxo de Material e Informação utilizados no sistema de produção da Toyota. Através desta ferramenta é possível identificar fontes de desperdícios ao

longo do fluxo de valor, reduzir custos inerentes à produção, diminuir o tempo de resposta ao cliente e aumentar a qualidade dos produtos (Rother e Shook, 2003; Pinto, 2009; Jones e Womack, 2002).

O mapeamento da cadeia de valor necessita da participação de elementos dos departamentos-chave de uma empresa para se recolher e explicitar as informações essenciais sobre os processos envolvidos na produção. Esta ferramenta tem ainda em consideração métricas de análise *Lean* apresentadas em capítulo próprio deste relatório (ponto 2.1.3). Depois do mapeamento do “Estado Atual” com recurso a simbologia própria e da identificação dos desperdícios (pontos críticos) associados ao processo, estão criadas as condições para se projetar um “Estado Futuro” objetivo e se definir um plano de ação que o permita alcançar. Há um grande foco em questões relacionadas com as atividades que acrescentam ou não acrescentam valor, com a redução dos tempos (*lead time*) dos processos produtivos e com os aspetos financeiros, todos essenciais para o processo de análise e tomada de decisão (Pinto, 2009).

2.1.2.3 Manutenção Total Produtiva

A Manutenção Total Produtiva (TPM – *Total Productive Maintenance*) teve origem nas décadas de 1960/70 e servia de suporte à manutenção de equipamentos. Ao longo dos anos estendeu a sua área de ação a todo o processo produtivo e o próprio conceito sofreu alterações (Pinto, 2009).

Para Womack e Jones (2003), o TPM é uma metodologia que visa alcançar o desempenho esperado dos equipamentos, garantindo que não surjam interrupções ao longo dos processos produtivos. Atualmente existe a preocupação de se conceberem sistemas eficientes que, ao mesmo tempo, reduzam o aparecimento de problemas, numa lógica de melhoria contínua (Tavares, 2012).

Khamba e Ahuja (2008) referem que um nível de desempenho elevado dos equipamentos e da produção está, de tal forma, intimamente ligado a uma manutenção eficiente, que a integração da manutenção em departamentos de engenharia se torna essencial. Por esta via conseguem-se ganhos de tempo e de dinheiro, diminuem-se os desperdícios e melhoram-se os processos de resolução dos problemas relacionados com a disponibilidade de equipamentos ou com o seu desempenho. Os autores referem ainda que uma gestão adequada da manutenção permite reduzir em um terço o valor de gastos de uma empresa, o que leva a que seja considerada como um fator crítico de sucesso. Venkatesh (2007) refere também que entre os vários benefícios da implementação do TPM devem ser apontados o aumento da produtividade e da Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), bem como a redução dos custos de produção e dos tempos de paragem.

Pode-se, como tal, concluir que numa indústria como a automóvel, onde a concorrência é cada vez mais forte, a aplicação eficiente desta ferramenta permite atingir objetivos da produção *Lean* e pode constituir uma importante vantagem competitiva no mercado.

Na figura 5 estão representados os 8 pilares do TPM.

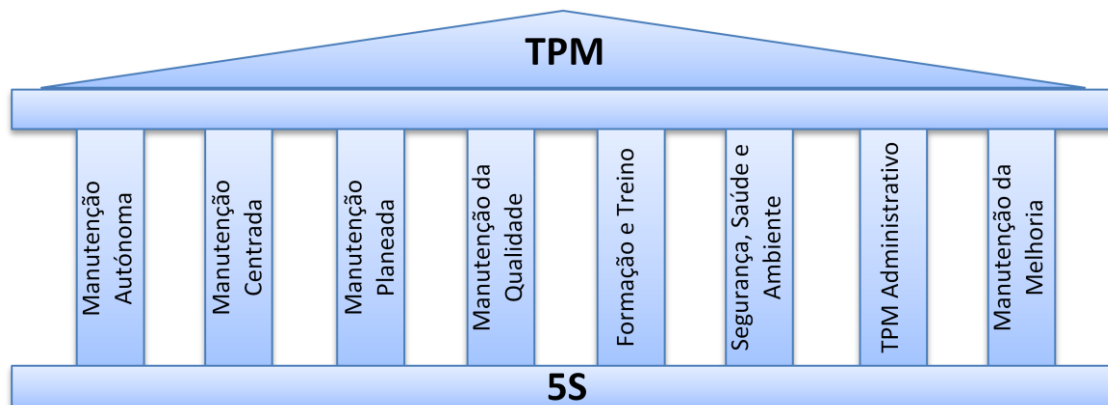


Figura 5 – Pilares do TPM

Adaptação de: Tavares, 2012

Resumidamente, estes pilares do TPM podem ser descritos da seguinte forma (Venkatesh, 2007; Tavares, 2012):

Manutenção Autônoma - É um processo que envolve a formação dos operadores para a realização de tarefas de manutenção básicas (limpeza, aplicação de lubrificantes ou inspeção) nos postos de trabalho. Com este processo pretende-se libertar técnicos de manutenção para tarefas de maior valor acrescentado e para intervenções específicas;

Manutenção Centrada - Pretende-se com este processo garantir o máximo rendimento global dos equipamentos através da identificação e da eliminação de todo o tipo de desperdícios;

Manutenção Planeada - Planeamento atempado de vários tipos de manutenção com o objetivo de garantir que são preservadas as condições originais dos equipamentos e dos processos. Com isto pretende-se implementar uma reação proactiva em vez de reativa, reduzindo os custos associados à manutenção. São de destacar 3 tipos de manutenção planeada:

- **Manutenção Corretiva** - Envolve ações para corrigir anomalias detetadas e para restaurar o normal funcionamento de todo o sistema de produção. Estas ações, para além do pilar de manutenção planeada, fazem também parte dos pilares da manutenção centrada e da manutenção autónoma;
- **Manutenção Preventiva** - Diz respeito a ações realizadas com o objetivo de reduzir o risco de ocorrência de anomalias. Envolve tarefas como a limpeza, inspeção ou lubrificação;
- **Manutenção Preditiva** - Relativa a ações realizadas após a verificação de sintomas que apontem para a possibilidade de ocorrência de problemas, como sejam a deteção de temperatura demasiado elevada ou de ruídos anormais dos equipamentos. Pressupõe um estudo prévio do histórico de problemas verificados;

Manutenção da Qualidade - Trata-se de um processo de eliminação e controle de anomalias nos produtos e equipamentos. Subentende uma abordagem proactiva de forma a atingir zero defeitos;

Formação e Treino - Este pilar sugere que se deve apostar na transmissão de conhecimentos sobre produção e manutenção aos operários de forma a alcançar altos níveis de motivação, empenho e eficácia por parte dos mesmos no desempenho das suas funções;

Segurança, Saúde e Ambiente - Pretende-se com este pilar criar um ambiente de trabalho seguro, saudável e imune a danos resultantes de processos produtivos. O foco vai para aspetos como a ergonomia e os acidentes de trabalho;

TPM Administrativo - Diz respeito à identificação e à eliminação de desperdícios relacionados com funções administrativas, aumentando a sua eficiência e produtividade. Pressupõe a análise de processos e procedimentos em várias áreas das empresas, como a produção, a logística ou os recursos humanos;

Manutenção da Melhoria - Parte da experiência adquirida em projetos anteriores para se eliminar desperdícios e garantir o máximo rendimento global dos equipamentos e dos processos através de ações de manutenção.

Importa referir que na base dos 8 pilares TPM está a metodologia 5S. Isto significa que não é possível implementar eficientemente o TPM sem que antes haja uma preocupação com a organização do espaço de trabalho.

2.1.2.4 Troca Rápida de Ferramentas

O aparecimento da produção *Lean* como alternativa à produção em massa permitiu atingir um maior equilíbrio entre a oferta e a procura, ou seja, permitiu reduzir consideravelmente o volume de produtos excedentes. No entanto, este fenómeno, aliado à crescente aposta na diversificação da oferta e a um ambiente em constante evolução, trouxe consigo outro tipo de desperdício que, até então, era pouco significativo. Este desperdício está relacionado com o aumento do número de operações de *setup*, ou seja, de preparação e afinação dos equipamentos. A metodologia de troca rápida de ferramentas, mais conhecida por SMED (*Single Minute Exchange of Die*), foi desenvolvida por Shigeo Shingo nos anos cinquenta no Japão, com o intuito de melhorar a eficiência de uma fábrica de produção de veículos. A utilização desta ferramenta visa a redução dos tempos de *setup* com o objetivo de aumentar a eficiência dos equipamentos e a flexibilidade dos processos (Shingo, 1985; Pinto, 2009).

Através do envolvimento dos operadores na análise das operações de *setup* e ainda da aplicação de ações de melhoria criam-se as condições para reduzir as tarefas que lhes correspondem e os tempos de troca e afinação dos equipamentos.

A implementação da metodologia SMED envolve cinco etapas, incorporando cada uma diferentes conceitos de suporte à redução do tempo de *setup*. Na figura 6 é feita uma descrição pormenorizada das etapas e dos conceitos.

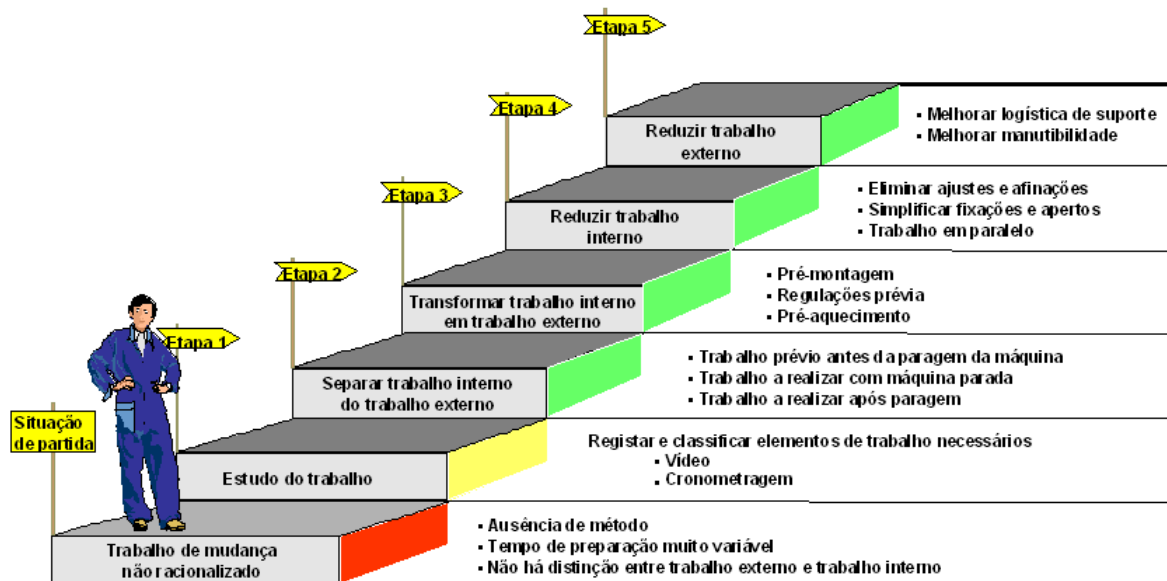


Figura 6 – Etapas e Conceitos da Metodologia SMED

Fonte: Simoldes Plásticos, 2013

Com refere Shingo (1985), por atividades de *setup interno* entendem-se todas as operações que exigem que o equipamento esteja parado, enquanto atividades de *setup externo* dizem respeito a operações realizadas com o equipamento em funcionamento.

Na figura 7 é possível observar a evolução dos tempos de *setup* ao longo da fase de implementação da metodologia.

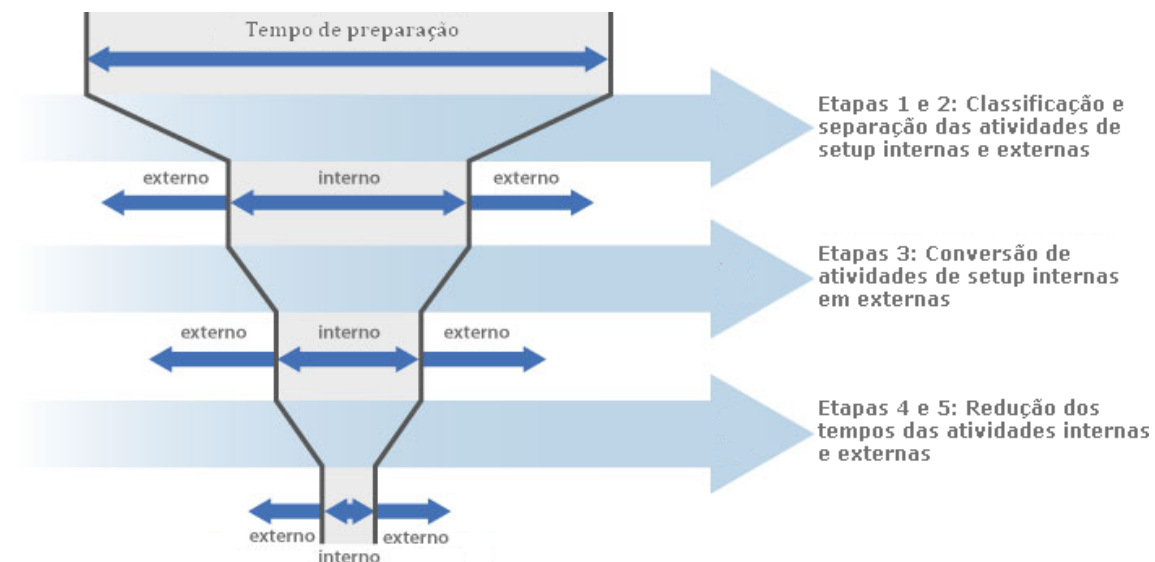


Figura 7 – Evolução do Tempo de Troca de Ferramenta

Adaptação de: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>

Um exemplo prático da aplicação desta metodologia pode ser observado em corridas de Fórmula 1. O objetivo final dos pilotos é completar o percurso estabelecido no menor tempo possível, sendo obrigatório fazer um número definido de paragens nas *boxes*. Por este motivo torna-se essencial que estas sejam o mais rápidas possível. As operações realizadas nas *pit stops* são, entre outras, o reabastecimento de combustível e a troca de pneus e têm, hoje em dia, uma duração média inferior a 15 segundos, o que apenas é possível devido à aplicação correta da metodologia SMED.

2.1.2.5 Diagramas de Fluxo

Relacionado com o estudo dos movimentos, a utilização de diagramas de fluxo mostra o movimento percorrido por algo (trabalhador/peça) em qualquer parte da fábrica. Segundo Meyers *et al.* (2002), estes diagramas podem ser desenhados sobre as plantas do local em questão e geralmente ajudam a identificar problemas como:

Cruzamentos de tráfego – Dá origem a congestionamentos e problemas de segurança.

Retrocessos – O material deve fluir em linha desde o ponto de entrada em direção ao ponto de saída. Um retrocesso custa três vezes mais que o movimento do fluxo na direção correta.

Distância percorrida – Quanto menor for a distância percorrida menor é o custo associado ao movimento efetuado.

Processo – A sequência de operações deve ter em conta o fluxo do material.

O objetivo dos diagramas de fluxo consiste em encontrar soluções que, ao reduzir as distâncias percorridas, permitem conceber um espaço de trabalho o mais eficiente possível (Meyers *et al.*, 2002).

2.1.2.6 Métodos à Prova de Erro

Desenvolvido pelo engenheiro japonês Shigeo Shingo, o conhecido sistema *Poka-yoke* surgiu da necessidade de conceber processos produtivos livres de erros, facilitando a eliminação de um dos oito desperdícios atrás mencionados (Shingo, 1986).

O objetivo da aplicação destes sistemas é garantir que todo e qualquer erro seja identificado e resolvido no momento e no mesmo local, garantindo que os defeitos não transitem para fases posteriores e cheguem ao cliente. A criatividade dos trabalhadores é essencial no desenvolvimento e na implementação destes sistemas.

Existem vários tipos de métodos à prova de erro e variam também consoante a sua função. Entre os métodos de prevenção existem (Pinto, 2009):

- Controlo – Envolvem ações autocorretivas dos problemas;

- Paragem – Não permitem que o processo continue na presença de condições de erro;
- Fatores Humanos – Utilização de cores, de sons ou símbolos por forma a evitar que ocorram ou que se propaguem erros.

Os métodos de aviso servem para detetar problemas e comunicá-los aos operadores. O facto de os avisos poderem ser ignorados por parte destes leva a que seja preferível implementar métodos preventivos.

Pode concluir-se que a capacidade de detetar e resolver problemas, designada pelo termo *Jidoka*, é essencial ao desenvolvimento das empresas (Pinto, 2009).

2.1.3 Métricas Lean

A utilização de indicadores de desempenho é importante nos processos de análise do fluxo de valor e de tomada de decisões na produção *Lean*. No Mapeamento da Cadeia de Valor o recurso a métricas de desempenho é essencial na identificação e eliminação de desperdícios.

O **Lead Time** (L/T) diz respeito ao tempo que uma peça demora a percorrer o fluxo da produção, ou seja, desde a entrada da matéria-prima em fábrica até à entrega ao cliente (Rother e Shook, 2003).

O **Tempo de Valor Acrescentado** (TVA) é referente à duração das operações que acrescentam valor ao produto na ótica do cliente e pelas quais este está disposto a pagar (Rother e Shook, 2003).

O **Tempo de Ciclo** (Tc) é definido pelo período de tempo que dista da repetição da mesma tarefa num processo. Da mesma maneira, pode dizer-se que o tempo de ciclo corresponde ao tempo da realização de todas as operações da estação (ou do operador) mais lenta do processo (Rother e Shook, 2003; Pinto, 2009).

O **Takt-Time** é a frequência com que deve ser produzida uma peça, tendo em conta as necessidades dos clientes. Esta métrica é uma referência que ajuda a sincronizar o ritmo de produção e o ritmo das vendas (Rother e Shook, 2003).

O *takt-time* pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ operacional\ por\ turno}{N^{\circ}\ de\ peças\ pedidas\ pelo\ cliente\ por\ turno}$$

O **Overall Equipment Effectiveness** (OEE), inicialmente associado à metodologia TPM, é um indicador que serve para avaliar o desempenho global de sistemas ou processos e identificar aspetos que limitem o nível de eficiência da produção (Hansen, 2002). Também conhecido como Rendimento Operacional, este indicador baseia-se em três fatores chave para a criação de valor:

- 1) Disponibilidade, referente ao tempo real de funcionamento do sistema/equipamento

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Abertura} - \text{Perdas de Disponibilidade}}{\text{Tempo de Abertura}}$$

2) Performance, relativo ao desempenho do processo face ao esperado

$$Performance = \frac{\text{Tempo Disponível} - \text{Perdas de Performance}}{\text{Tempo Disponível}}$$

3) Qualidade, relativa à produção dentro dos parâmetros de qualidade exigidos

$$Qualidade = \frac{\text{Tempo de Funcionamento} - \text{Perdas de Qualidade}}{\text{Tempo de Funcionamento}}$$

A figura 8 apresenta a relação entre tempos envolvidos na métrica OEE, desde o tempo de abertura até ao tempo efetivo, uma vez que o tempo referente às Paragens Programadas não é contabilizado.

Tempo Total				
Tempo de Abertura				Paragens Programadas
Tempo Disponível			Perdas de Disponibilidade	Paragens Programadas
Tempo de Funcionamento		Perdas de Performance	Perdas de Disponibilidade	Paragens Programadas
Tempo Efetivo	Perdas de Qualidade	Perdas de Performance	Perdas de Disponibilidade	Paragens Programadas

Figura 8 – Tempos Envolvidos no Indicador OEE

Adaptação de: <http://www.leanproduction.com/oe.html>

As paragens programadas dizem respeito a pausas na produção definidas à partida. Os exemplos mais comuns são as paragens para refeições, descanso ou limpeza dos postos de trabalho.

As perdas de disponibilidade correspondem a períodos não produtivos motivados por eventos inesperados como falta de componentes, indisponibilidade de operadores ou avarias de equipamentos.

As perdas de *performance* dizem respeito a diferenças de ritmo de produção real face ao esperado ou teórico.

As perdas de qualidade correspondem a aspetos como o tempo despendido em erros dos operadores ou devido à existência de defeitos nos componentes, fatores esses que levam à produção de peças defeituosas.

O indicador OEE fornece valores em percentagem e pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$$

O **Tempo de Ciclo Planeado** (TCP) corresponde ao *takt-time* tendo em conta determinado rendimento. Este valor sugere um ritmo de produção mais elevado para fazer face a problemas

inesperados e paragens não planeadas que possam vir a comprometer o serviço ao cliente (Simoldes Plásticos, 2013).

O TCP pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$TCP = Takt\ time * Rendimento\ (\%)$$

A **Ocupação Mensal da Máquina** (OMM) indica o número de dias de produção necessários por mês, trabalhando a um tempo de ciclo definido, para satisfazer as necessidades do cliente.

A fórmula utilizada no cálculo do OMM é a seguinte:

$$OMM = \frac{NPD \times Tc \times dm}{sh \times hdt}$$

em que:

OMM: Ocupação Mensal da Máquina (dias/mês);

NPD: Necessidade diária de peças (nº peças);

Tc: Tempo de ciclo (segundos);

dm: Dias do mês (dias);

sh: 3600 segundos (correspondente a 1 hora);

hdt: Horas diárias de trabalho (horas).

A **Necessidade Mensal de Mão-de-Obra Direta** serve para calcular os custos de mão-de-obra associados aos processos produtivos e para garantir a melhor distribuição dos recursos humanos da empresa. Há duas fórmulas possíveis de cálculo para este indicador. A primeira depende da taxa de ocupação mensal da máquina, do número de operadores associados ao processo produtivo e do número de turnos diários. A segunda fórmula determina o número de operadores (mão-de-obra direta) a envolver para satisfazer as necessidades diárias de peças do cliente, produzindo a um ritmo que evite o excesso de produção.

As fórmulas de cálculo desta métrica são as seguintes:

$$NMMOD = n^{\circ} Operadores \times n^{\circ} turnos \times \frac{OMM}{dm}$$

ou

$$NMMOD = \frac{Tempo\ de\ Operação}{TCP}$$

onde:

NMMOD: Necessidade Mensal de Mão-de-Obra Direta (MOD/mês);

Nº Operadores (MOD);

Nº de Turnos (turnos/dia);

OMM: Ocupação Mensal da Máquina (dias/mês);

dm: Dias do mês (dias);

Tempo de Operação: Tempo despendido por um operador na realização de todas as tarefas do processo de montagem;

TCP: Tempo de Ciclo Planeado (segundos).

Todos estes indicadores serão tidos em consideração na análise de um processo produtivo de peças para automóveis e na identificação das melhorias necessárias à sua otimização.

2.2 Melhoria Contínua – *Kaizen*

O sucesso competitivo das empresas japonesas deve-se, em grande parte, à adoção de boas práticas por parte das administrações. Nos países do oriente a qualidade dos produtos e dos serviços é sustentada por uma cultura de melhoria contínua, conhecida como *Kaizen*.

Este método de gestão aposta na eliminação dos desperdícios e na redução de custos. Para isso pressupõe uma orientação predominante para os processos, onde a participação de todos, a proatividade e o foco no cliente são fomentados. Ver os problemas como oportunidades e incentivar constantemente a melhoria, por mais pequena que seja fazem igualmente parte dos princípios da cultura *Kaizen* (Imai, 1994; Pinto, 2009).

Em oposição à estratégia de melhoria contínua, as empresas ocidentais sempre se preocuparam mais com a inovação, o que implica mudanças rápidas e de grande impacto. No entanto, esta aposta traduz-se em custos elevados e, frequentemente, em soluções pouco robustas. Importa realçar que a ênfase na filosofia *Kaizen* não deve implicar a desvalorização da inovação visto que ambas as estratégias são essenciais para que uma empresa progrida (Imai, 1994; Pinto, 2009).

É possível afirmar que a aplicação de ferramentas *Lean* numa cultura de melhoria contínua pode ser determinante para as organizações obterem vantagens competitivas.

Para que a melhoria contínua seja implementada com sucesso existem alguns elementos de apoio dos quais importa realçar o Ciclo de *Deming*, também conhecido por PDCA.

2.2.1 Ciclo de *Deming*

Apesar de ter sido criado por Walter Shewhart nos anos 30, foi William E. Deming quem divulgou, com sucesso, o conceito no Japão, a partir dos anos 50. O Ciclo PDCA é uma abordagem

sistemática para a resolução de problemas. O objetivo da sua aplicação consiste em facilitar iniciativas de melhoria contínua (Pinto, 2009; Liker, 2004).

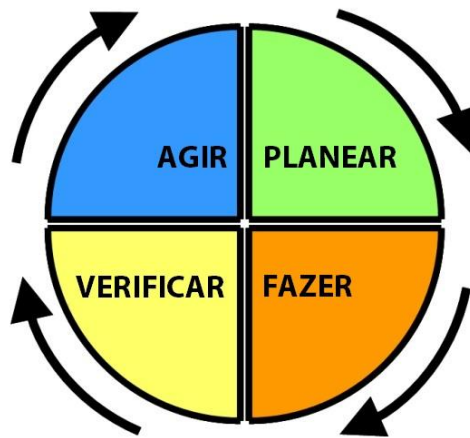


Figura 9 – Ciclo de *Deming*

Adaptação de: http://www.gembapantarei.com/2008/12/pdca_is_about_not_telling_lies.html

Como a figura 9 evidencia, o ciclo é constituído por uma sequência de quatro etapas específicas (Imai, 1997):

- **Planear** - Estabelecer um objetivo de melhoria e determinar planos de ação que o permitam alcançar.
- **Fazer** - Implementar o plano de ação definido através de um método científico.
- **Verificar** - Determinar se o objetivo da implementação da melhoria foi alcançado. Em caso negativo, perceber o que não correu como previsto.
- **Agir** – Criar um padrão de novos procedimentos para o caso de recorrência do problema inicial. Caso o problema não tenha sido corrigido é importante perceber a condição atual em que se encontra e definir novas metas para a melhoria pretendida, recomeçando o ciclo na etapa de planeamento.

Cabe à gestão de topo fomentar a constante utilização do ciclo PDCA através da definição de objetivos desafiantes e da procura contínua da excelência (Imai, 1997).

3 CASO DE ESTUDO: O PROJETO PORSCHE

Ao longo deste capítulo serão abordados os trabalhos desenvolvidos na empresa Simoldes Plásticos (SP), com base na metodologia *Lean Manufacturing*, no âmbito do projeto SP 020/10 – Porsche, relativo à produção de peças plásticas por injeção.

No ponto seguinte é feita uma descrição pormenorizada dos aspetos relevantes para a otimização dos processos produtivos referentes a este caso concreto.

3.1 Caracterização do Projeto SP 020/10

O projeto SP 020/10 consiste na produção de quinze peças do modelo automóvel Cayman 2012 (figura 10), do cliente Porsche – WV Osnabrück.



Exterior



Interior

Figura 10 – Automóvel Porsche Cayman

Fonte: www.porsche.com

A produção, no que diz respeito às peças cuja produção foi contratada com o Grupo Simoldes, está repartida por três fábricas. A SP produz doze peças sendo as restantes produzidas em duas outras fábricas do grupo, a Inplás e a Plastaze. Todas as peças do projeto fazem parte do interior do veículo, localizando-se essencialmente na parte traseira do mesmo, como ilustra a figura 11. Apenas a peça Pilar A será aplicada na parte da frente do automóvel, fazendo a separação entre o vidro frontal e os laterais.

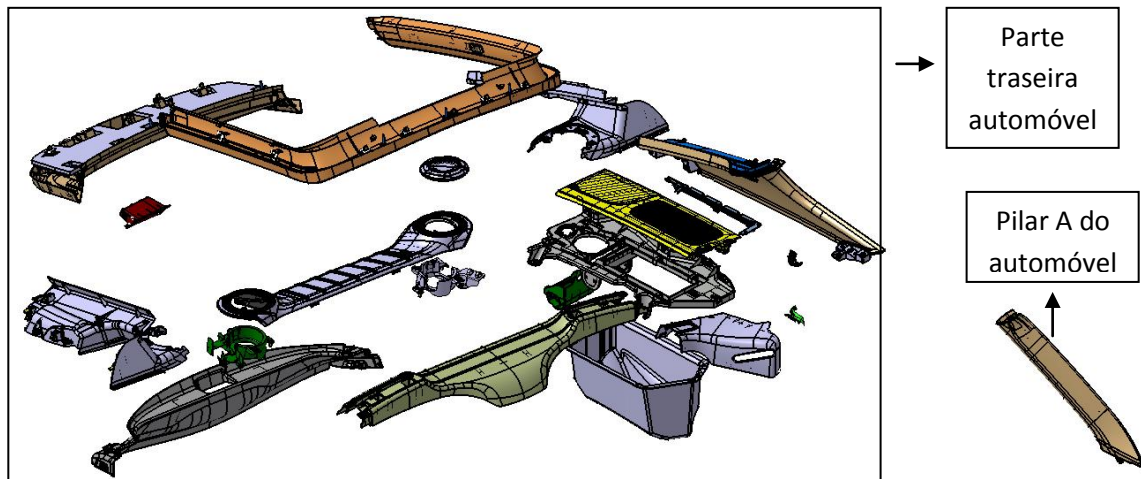


Figura 11 – Peças do Automóvel Porsche Cayman Produzidas no Grupo Simoldes

Adaptação de: Simoldes Plásticos, 2013

A principal matéria-prima do projeto, o ABS PA ou Terblend, como é mais conhecido, é um material de qualidade superior ao utilizado na indústria automóvel para a produção da maioria das peças plásticas. Cada versão é produzida até um máximo de sete cores diferentes.

Este projeto envolve três tecnologias de produção na fábrica SP. São elas a injeção de termoplásticos, a colagem de tecidos e a montagem de componentes. O processo produtivo correspondente a este projeto encontra-se descrito no fluxograma da figura 12.

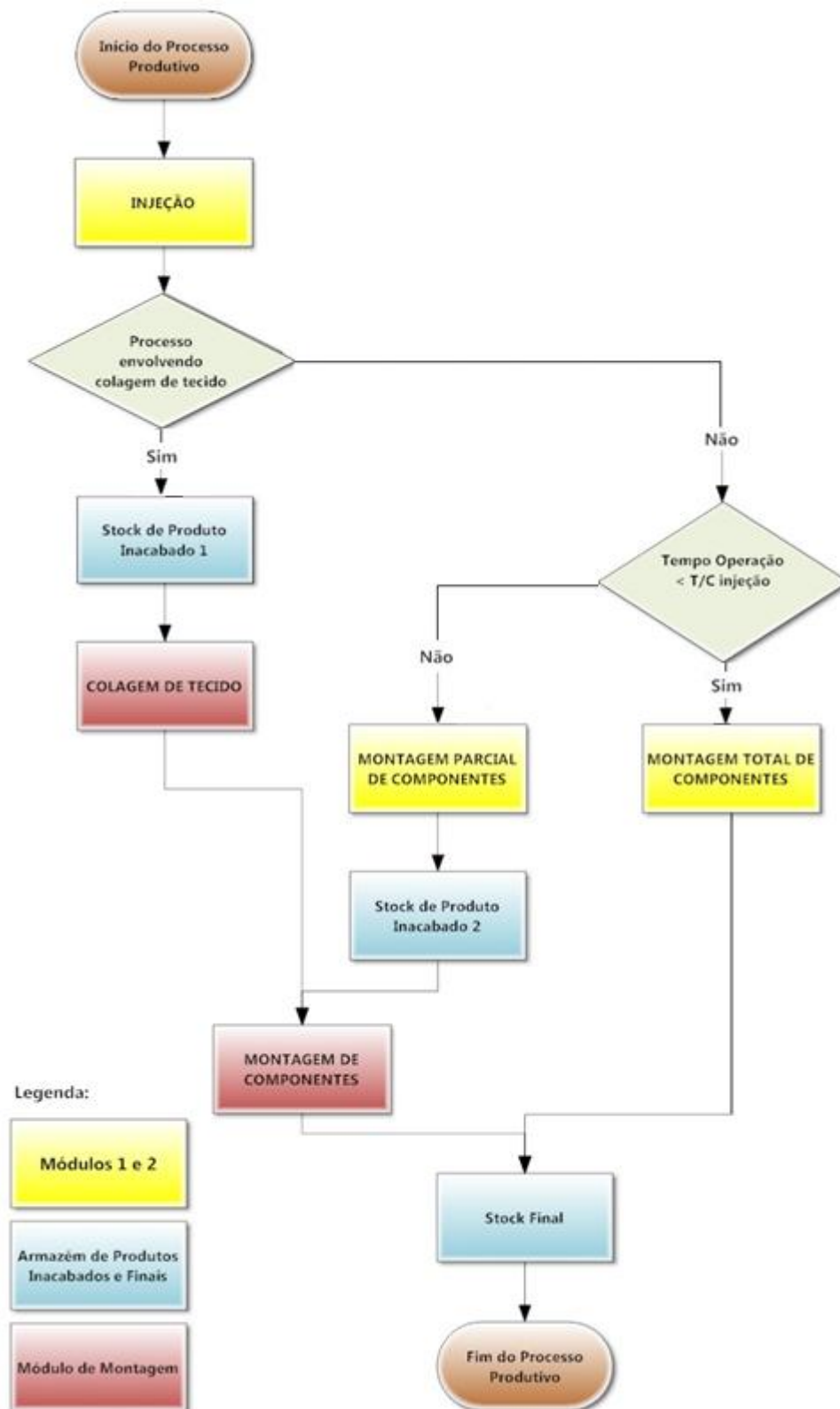


Figura 12 – Fluxograma do Processo Produtivo

Na figura 13 pode ver-se a planta das áreas da fábrica onde o projeto decorre.

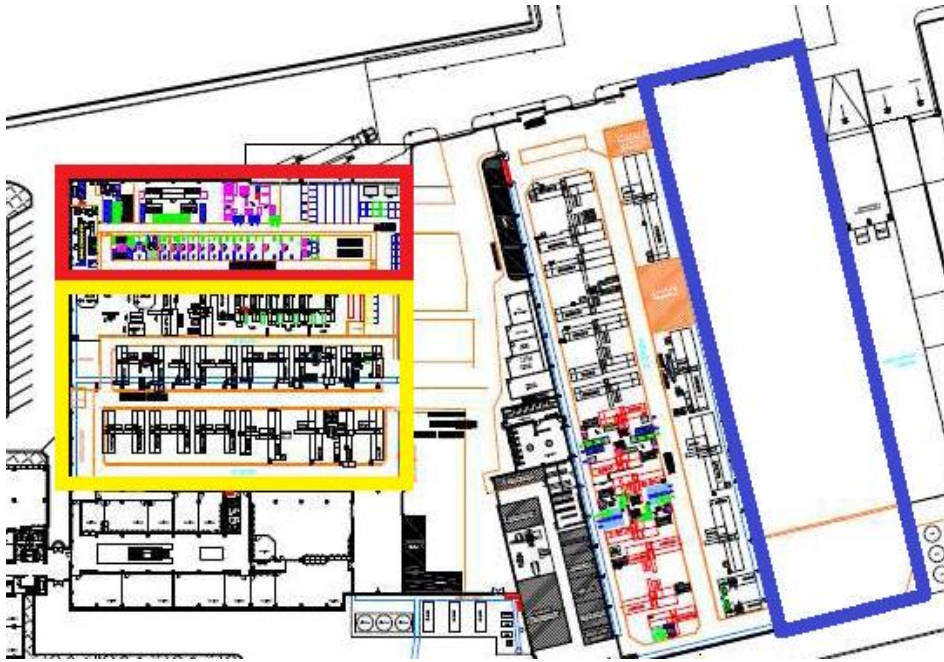


Figura 13 – Layout da Fábrica Simoldes Plásticos

A zona sinalizada a amarelo corresponde aos módulos 1 e 2, onde tem lugar o processo de moldagem do projeto, por injeção de termoplásticos, e, ocasionalmente, a montagem de componentes. Nesta área encontram-se as máquinas de injeção de pequena/média dimensão, com capacidades entre as 150 e as 900 toneladas-força. Estes módulos trabalham de segunda a sexta-feira em três turnos de 8 horas por dia. Salvo casos excepcionais, as máquinas destes módulos apenas ficam inativas ao sábado e domingo.



a)



b)

Figura 14 – Módulos 1 e 2: a) Vista Geral; b) Máquina de Injeção de Plástico do Módulo 2

O módulo de montagem, ou módulo 6, está representado na figura 13 pelo retângulo vermelho. É nesta zona que decorrem as operações de montagem de componentes e de colagem de tecido. É composto por postos de trabalho individuais, bem como por algumas linhas de montagem para assemblagem de componentes. Este módulo está operacional de segunda a sexta-feira, trabalhando normalmente num turno de 8 horas (das 8h00 às 16h00), sendo 30 minutos para refeições e 20 minutos, repartidos por duas pausas, para descanso e limpeza dos postos. Quando

este turno não é suficiente para fazer face às necessidades diárias de alguma peça, abre-se um segundo turno das 16h00 às 00h00.



Figura 15 – Módulo de Montagem

Existem ainda algumas divisões da fábrica que se destinam ao armazenamento de produtos finais e de produtos inacabados. O armazém representado a azul na figura 13 acolhe a maioria dos produtos do projeto.



Figura 16 – Armazém de Produtos Inacabados e Finais do Projeto

O menor volume de produção exigido pelo cliente é um dos aspetos que diferencia este projeto dos demais que a SP tem desenvolvido. Vale a pena referir que se trata de um dos primeiros projetos da SP de produção de peças para um automóvel de gama alta. A procura deste tipo de veículos é consideravelmente inferior à dos automóveis de gama média/baixa, que são fabricados em larga escala. Neste projeto, foi acordada uma produção anual de 16.688 carros. O cliente fornece dados ao sistema informático de gestão de encomendas utilizado na SP, o XPPS, sobre as previsões semestrais e os pedidos semanais de produtos. É este sistema que organiza e processa as encomendas de matéria-prima e componentes aos fornecedores e que passa informação aos módulos de produção. Estes emitem as ordens de produção aos postos de injeção e de montagem, que, por sua vez, puxam a matéria-prima e os componentes dos armazéns.

3.2 Análise do Processo de Produção da Peça *Verkleidung Motorraum Hinten*

A análise dos processos produtivos foi desenvolvida com base na metodologia de mapeamento da cadeia de valor (VSM), aplicada exclusivamente na parte que respeita aos processos produtivos. Esta restrição prendeu-se com alguns fatores dos quais se destacam quer a instabilidade da fase inicial do projeto (modificações nas peças e flutuação dos pedidos do cliente), quer incumprimentos por parte dos fornecedores quanto à entrega atempada de componentes.

Inicialmente formaram-se grupos de trabalho com operadores, chefes de módulo e equipa de projeto para, em conjunto, se recolherem e analisarem os dados de entrada. Em seguida, mapearam-se os estados atuais, identificaram-se pontos críticos, forneceram-se projeções dos processos produtivos no estado futuro, definiram-se planos de ação contendo descrições detalhada das melhorias a implementar e, por fim, calcularam-se os ganhos esperados.

A peça analisada neste capítulo, com a referência 7386, foi o *Verkleidung Motorraum Hinten* (figura 17), muito embora os processos produtivos das restantes onze peças da SP também tenham sido acompanhados. Esta escolha deveu-se ao facto de se tratar da peça mais representativa de todo o projeto devido ao seu elevado valor monetário e à complexidade do seu processo produtivo.



Figura 17 – Peça *Verkleidung Motorraum Hinten*

Existe um conjunto variado de componentes que formam a peça e que estão representados na figura 18.

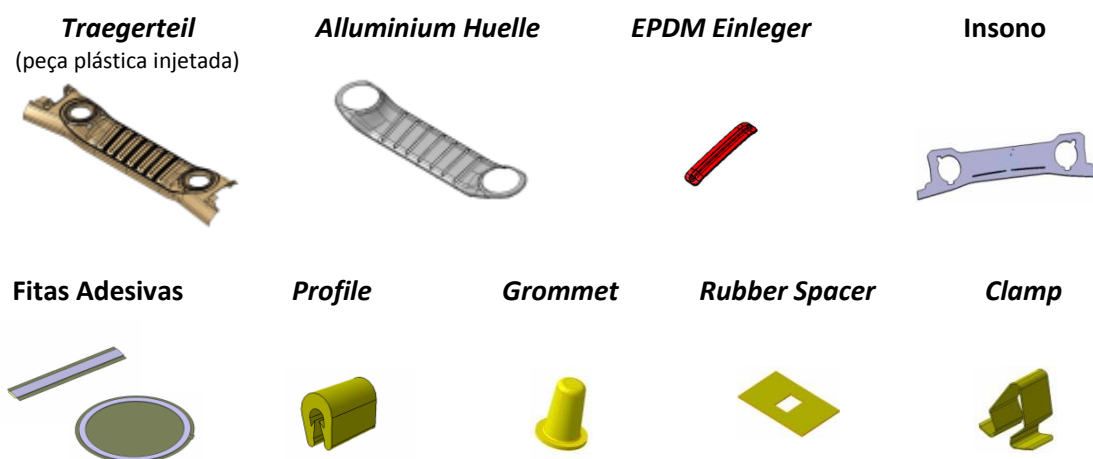


Figura 18 – Componentes da Peça *Verkleidung Motorraum Hinten*

A equipa de projeto definiu, em conjunto com o cliente, o processo produtivo do *Verkl. Motorraum Hinten* que consistia na injeção do *Traegerenteil*, seguida de atividades relacionadas com a montagem de componentes, como demonstra a figura seguinte.

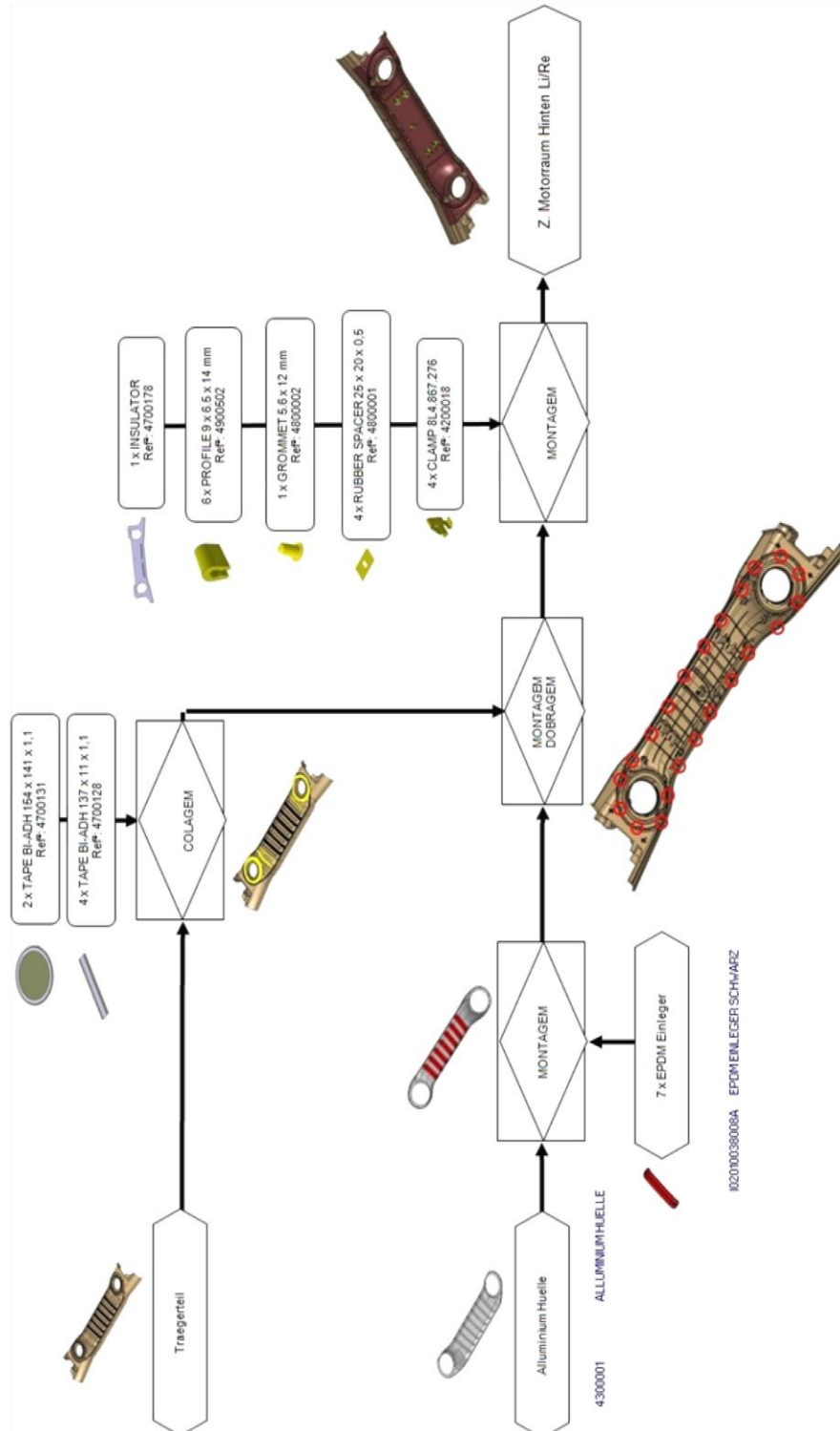


Figura 19 – Processo de Montagem da peça *Verkl. Motorraum Hinten* em Pré-Série

Fonte: Simoldes Plásticos

Na figura 19 é possível verificar que tanto a montagem dos componentes *EPDM* no *Huelle*, como a colagem das fitas adesivas no *Traegerteil*, precede a tarefa de acoplagem das mesmas e a dobragem das patilhas. Em seguida, são montados os componentes *Insono*, *Profile*, *Grommet*, *Clamp* e *Rubber Spacer*, que originam a peça *Verk. Motorraum Hinten*.

3.2.1 Formação de Grupos de Trabalho e Implicações no Processo Produtivo

Foram constituídos grupos de melhoria contínua (*Kaizen*) e realizaram-se reuniões periódicas com todos os intervenientes, com o objetivo de abranger e compreender o maior número possível de aspetos relevantes e com potencial de melhoria, referentes aos processos de fabrico. O envolvimento dos operadores, de chefes de módulo e de elementos do departamento de engenharia de processo foi importante para analisar os desperdícios resultantes destes processos produtivos e determinar os pontos críticos.

Através da experiência acumulada durante o processo de produção, os operadores adquirem uma visão muito prática das dificuldades, desperdícios e aspetos com potencial de melhoria, questões que podem passar despercebidas aos restantes intervenientes. Ao darem sugestões de melhoria, tornam-se parte ativa no processo de tomada de decisão e, conseqüentemente, no processo de criação de valor para a empresa. Por esta via retiram também maior satisfação do trabalho, maior motivação no cumprimento das suas tarefas e maior abertura para a mudança (processo de mudança de mentalidades). Estes grupos permitem, por outro lado, fornecer aos operadores explicações sobre as alterações ou adaptações necessárias para a otimização dos processos (Pinto 2009).

A figura 20 apresenta os intervenientes de um grupo de trabalho e foi obtida no fim de uma reunião de melhoria contínua.



Figura 20 – Intervenientes de um Grupo de Melhoria Contínua.

“Even if the target seems so high as to be unachievable at first glance, if you explain the necessity to all the people involved and insist upon it, everyone will become enthusiastic in the spirit of challenge, will work together, and achieve it” – Ichiro Suzuki, Chief Engineer do primeiro automóvel Lexus (Liker, 2004)

3.2.2 Recolha e Tratamento Estatístico de Dados

Como foi referido anteriormente, a maioria das peças do projeto fabricadas na SP passam por dois módulos distintos aquando da sua produção. Neste caso particular, a peça *Verkl. Motorraum Hinten* percorre dois postos de trabalho: o posto junto à máquina EN 700 I, no módulo 1, e o posto 10 de montagem de componentes, no módulo 6.

A tabela 1 contém informação sobre o processo produtivo.

Tabela 1 – Informação sobre o Processo de Produção da Peça *Verkl. Motorraum Hinten*

<i>Verkl. Motorraum Hinten</i>, referência SP 7386			
Processo de Injeção		Processo de Montagem	
Posto de trabalho	Máquina EN 700 I	Posto de trabalho	Posto 10
Número de Operadores	1	Número de Operadores	3
Cavidades	1	Tempo de Abertura	7 horas e 10 minutos
Necessidade diária de peças (carros)	75 peças / dia	Tempo total operação (A..Z)	717 segundos
Tempo Ciclo	65 segundos	Tempo Ciclo	370 segundos

Para se obterem os dados relativos às atividades realizadas durante o processo produtivo e que são essenciais à análise, foram estudados os seguintes documentos fornecidos pela equipa de projeto: Modelo de Processo (*Bill of Process* - BOP), Gamas de Embalagem, Gamas de Fabrico e Processo de Montagem em Pré-Série. Simultaneamente foi feita a medição do trabalho com recurso aos registos visuais obtidos através de filmagens e de fotografias.

A medição do trabalho consiste em calcular o tempo necessário para completar uma determinada tarefa. Os tempos de trabalho são importantes *inputs* para o planeamento e gestão da mão-de-obra, bem como para se estimarem os custos de produção (Stevenson, 2005).

O tempo padrão corresponde à quantidade de tempo necessária para a realização de uma tarefa específica, executada por um operador qualificado, a um ritmo de trabalho normal, utilizando ferramentas, equipamentos e métodos definidos. Para se estimar o tempo padrão de um trabalho é necessário fornecer uma descrição precisa dos parâmetros do mesmo para que o seu valor seja representativo da realidade. Alterações em qualquer um destes parâmetros podem afetar significativamente os valores obtidos, como é o caso de mudanças nos métodos de trabalho ou no *design* do produto (Stevenson, 2005).

O método de cronometragem, originalmente desenvolvido por Frederick W. Taylor, constitui, atualmente, o método de medição de tempos padrão mais comum e ganhou um novo estímulo com o surgimento do *Lean Manufacturing*. É ainda considerado uma das melhores ferramentas para se evitar desperdícios, através da medição dos custos e dos benefícios de um novo processo ou, simplesmente, de uma melhoria (Meyers *et al.*, 2002). Aplica-se a tarefas pequenas e repetitivas. Baseia-se em várias observações de um trabalhador a desempenhar determinada tarefa para se chegar a um tempo padrão. É de realçar que devem estar sujeitos ao mesmo estudo todos os operadores que realizem a mesma tarefa, desde que devidamente qualificados e a trabalhar a um ritmo constante. Segundo Stevenson (2005) este método está dividido em quatro passos:

- 1 – Definir a tarefa a analisar e informar o operador que vai ser estudado.
- 2 – Determinar o número de observações a realizar.
- 3 – Medir a duração da tarefa e classificar o trabalho do operador.
- 4 – Calcular o tempo padrão.

O número de observações a serem cronometradas depende de três fatores: a variabilidade dos tempos observados, a precisão desejada e o nível de confiança pretendido para o tempo estimado da tarefa. Normalmente, a precisão desejada é expressa como uma percentagem da média das observações. Ou seja, o objetivo de um estudo do tempo poderá ser atingir uma estimativa que esteja num intervalo centrado na média atual com um desvio (erro) de, por exemplo, 10%. O tamanho da amostra (n) necessário para se atingir esse resultado pode ser determinado pela seguinte fórmula apresentada em Stevenson (2005, p. 318):

$$n = \left(\frac{z \times s}{a \times \bar{x}} \right)^2$$

sendo

- z Número de desvios padrão normais necessários para obter o nível de confiança desejado
- s Desvio padrão da amostra
- a Precisão desejada (em percentagem)
- \bar{x} Média da amostra

Os valores de z habitualmente usados podem ser obtidos a partir da seguinte tabela:

Tabela 2 – Nível de Confiança - Valores de z

Nível de Confiança desejado (%)	Valor de z
90.0	1.65
95.0	1.96
95.5	2.00
98.0	2.33
99.0	2.58

Fonte: Stevenson, 2005

Para se fazer uma estimativa inicial do tamanho da amostra é comum realizar-se um pequeno número de observações (habitualmente entre 10 e 20) e calcular a respetiva média e desvio padrão. A partir dos valores obtidos calcula-se o tamanho correto da amostra e, caso necessário, realizam-se as observações em falta (Stevenson, 2005).

Para se chegar ao tempo padrão (ST) de cada tarefa é necessário calcular, em primeiro lugar, o tempo observado (OT) e o tempo normal (NT).

Segundo Stevenson (2005) o tempo observado é a média dos tempos registados da amostra (\bar{x}) e é calculado da seguinte forma:

$$OT = \frac{\sum x_i}{n}$$

onde

OT	Tempo observado (\bar{x})
$\sum x_i$	Somatório dos tempos registados
n	Tamanho da amostra

Neste caso prático foi utilizada uma amostra inicial de 15 observações que permitiram determinar a média dos tempos de cada tarefa bem como o respetivo desvio padrão. Assumiu-se ainda 95% como o nível de confiança desejado e uma percentagem de 10% para a precisão desejada. Com base nestes valores, foi determinada a dimensão da amostra para cada tarefa e foram recolhidas novas observações quando necessário.

O tempo normal é o tempo observado ajustado à performance dos trabalhadores. Stevenson (2005) refere a seguinte fórmula para a obtenção deste tempo:

$$NT = OT \times PR$$

em que

NT	Tempo normal
OT	Tempo observado
PR	Classificação de <i>performance</i> dos trabalhadores

É conveniente que o analista esteja familiarizado com o trabalho, pois por vezes os operadores poderão tender a aumentar o tempo de execução das tarefas, através de movimentos desnecessários. Assim sendo, obter-se-ia um tempo padrão mais elevado, o que levaria a que o trabalho pudesse decorrer num ritmo mais lento no futuro. Para ultrapassar esta questão é atribuído um valor ao fator performance do trabalhador. Este valor é baseado no conceito que o observador possui de performance normal, tendo em conta a sua experiência relativa a anteriores análises (Stevenson, 2005).

No caso específico da peça *Verkl. Motorraum Hinten* classificou-se a *performance* dos operadores em 80% face ao esperado. Assumiu-se este valor devido ao facto do projeto se encontrar em fase inicial e ao nível de desempenho dos operadores.

O tempo padrão tem em consideração as condições de trabalho e, como refere Stevenson (2005), calcula-se através da seguinte fórmula:

$$ST = NT \times AF$$

sendo

$$AF = 1 + A$$

em que

ST	Tempo padrão
NT	Tempo normal
AF	Fator de compensação
A	Porcentagem de compensação

O fator de compensação obtém-se através da soma de valores típicos (A) para determinadas condições de trabalho, conforme é ilustrado na tabela 14 (anexo A) da *International Labour Organization*.

Para este estudo foram tidos em consideração os seguintes aspetos:

Fadiga	-	4%
Trabalho realizado em pé	-	2%
Monotonia média	-	1%

As tabelas 3 e 4 representam os valores do tempo padrão obtidos para as tarefas realizadas por cada operador nos postos da máquina de injeção e do módulo de montagem, respetivamente.

Importa referir que a empresa definiu a unidade mínima de medição como o segundo.

Por último, registre-se que em cada tabela consta como tarefa final a colocação do rótulo em cada embalagem, tendo-se assumido a duração de 1 segundo por peça, dado que cada embalagem tem uma capacidade de 12 peças e que esta tarefa demora menos de 12 segundos.

Tabela 3 – Valores Observados no Posto da máquina EN 700 I

Estado Inicial - Processo Verk. Motorraum									
Tarefa	Descrição	Média (s)	Desvio Pad. (s)	Precisão	Z	Dimensão da Amostra (calculada)	Dimensão Real da Amostra	Tempo Normal	Tempo Padrão
1	Pegar Traegerteil e analisar	6	0,74	10,00%	1,96	6,7	15	4	5
2	Colocar etiqueta de operador	3	0,56	10,00%	1,96	11,8	15	3	3
3	Ensacar Traegerteil	9	1,26	10,00%	1,96	7,9	15	7	8
4	Embalar Traegerteil	7	1,47	10,00%	1,96	17,7	18	5	6
5	Colocar rótulo na embalagem	1					15	1	1
Total		25						20	22

Tabela 4 – Valores Observados no Posto 10 do Módulo de Montagem

Estado Inicial - Processo Verk. Motorraum												
Tarefa	Descrição	Operador			Média (s)	Desvio Pad. (s)	Precisão	Z	Dimensão da Amostra (calculada)	Dimensão Real da Amostra	Tempo Normal	Tempo Padrão
		1	2	3								
1	Pegar no Traegerteil	X			2	0,35	10,00%	1,96	13,7	15	1	2
2	Retirar Traegerteil do saco	X			4	0,97	10,00%	1,96	23,8	24	3	3
3	Verificar qualidade do Traegerteil	X			8	2,09	10,00%	1,96	24,6	25	7	7
4	Colocar 6 Profile	X			31	5,94	10,00%	1,96	13,8	15	25	27
5	Colocar 4 Clamp	X			15	2,64	10,00%	1,96	12,6	15	12	12
6	Colocar 4 Rubber Spacer	X			16	2,16	10,00%	1,96	7,3	15	13	13
7	Inserir Cola no Grommet	X			9	1,85	10,00%	1,96	15,5	17	7	8
8	Colocar Grommet	X			2	0,46	10,00%	1,96	15,7	16	2	2
9	Virar Traegerteil e colar as 8 fitas bi-adesivas	X			81	7,83	10,00%	1,96	3,6	15	65	69
10	Retirar películas das fitas bi-adesivas	X			23	4,38	10,00%	1,96	14,5	16	18	19
11	Colocar Traegerteil no aquecedor	X			2	0,49	10,00%	1,96	16,8	17	2	2
12	Pegar no Huelle		X		2	0,41	10,00%	1,96	13,6	15	2	2
13	Retirar película do Huelle		X		6	1,38	10,00%	1,96	23,9	24	4	5
14	Verificar qualidade do Huelle		X		23	5,15	10,00%	1,96	19,6	20	18	20
15	Colocar 7 EPDM		X		122	7,99	10,00%	1,96	1,7	15	97	104
16	Recalcar EPDM por trás		X		22	6,04	10,00%	1,96	27,9	28	18	19
17	Cortar patilhas do Huelle		X		16	2,17	10,00%	1,96	7,1	15	13	14
18	Passar óleo na zona lateral do Huelle		X		22	5,58	10,00%	1,96	24,0	26	18	19
19	Encaixar o Huelle no Traegerteil		X	X	44	8,92	10,00%	1,96	15,6	16	35	38
20	Colocar silicone em 14 patilhas			X	49	9,38	10,00%	1,96	14,2	15	39	42
21	Dobrar patilhas			X	110	14,75	10,00%	1,96	6,9	15	88	95
22	Cortar 22 feltros			X	43	6,32	10,00%	1,96	8,3	15	34	37
23	Colocar 22 feltros sobre as patilhas dobradas			X	100	12,74	10,00%	1,96	6,2	15	80	86
24	Cortar insono			X	15	1,11	10,00%	1,96	2,2	15	12	13
25	Colocar insono no Verk. Motorraum			X	24	3,07	10,00%	1,96	6,2	15	19	21
26	Colocar etiquetas de operador e do projeto			X	12	2,03	10,00%	1,96	10,3	15	10	11
27	Passar álcool para retirar manchas			X	17	3,59	10,00%	1,96	17,7	18	13	14
28	Ensacar Verk. Motorraum			X	8	1,72	10,00%	1,96	18,7	19	6	7
29	Embalar Verk. Motorraum			X	6	0,65	10,00%	1,96	4,6	15	5	5
30	Colocar rótulo na embalagem			X	1					15	1	1
Total		165	220	368	836						669	716

No anexo B estão apresentadas as tabelas completas, com todas as observações realizadas.

3.2.3 Processo Inicial

Após a discriminação dos dados de entrada procedeu-se à análise do processo produtivo da peça *Verkl. Motorraum Hinten*, desde a injeção plástica no módulo 1 até ao acondicionamento no posto 10 do módulo de montagem, passando pelo armazém de produto inacabado. Na figura 21 estão discriminadas as várias tarefas realizadas pelos 4 operadores alocados ao processo, a

duração de cada uma (ver ponto 3.2.2) e os valores obtidos para as métricas *Lean* associadas à ferramenta VSM.

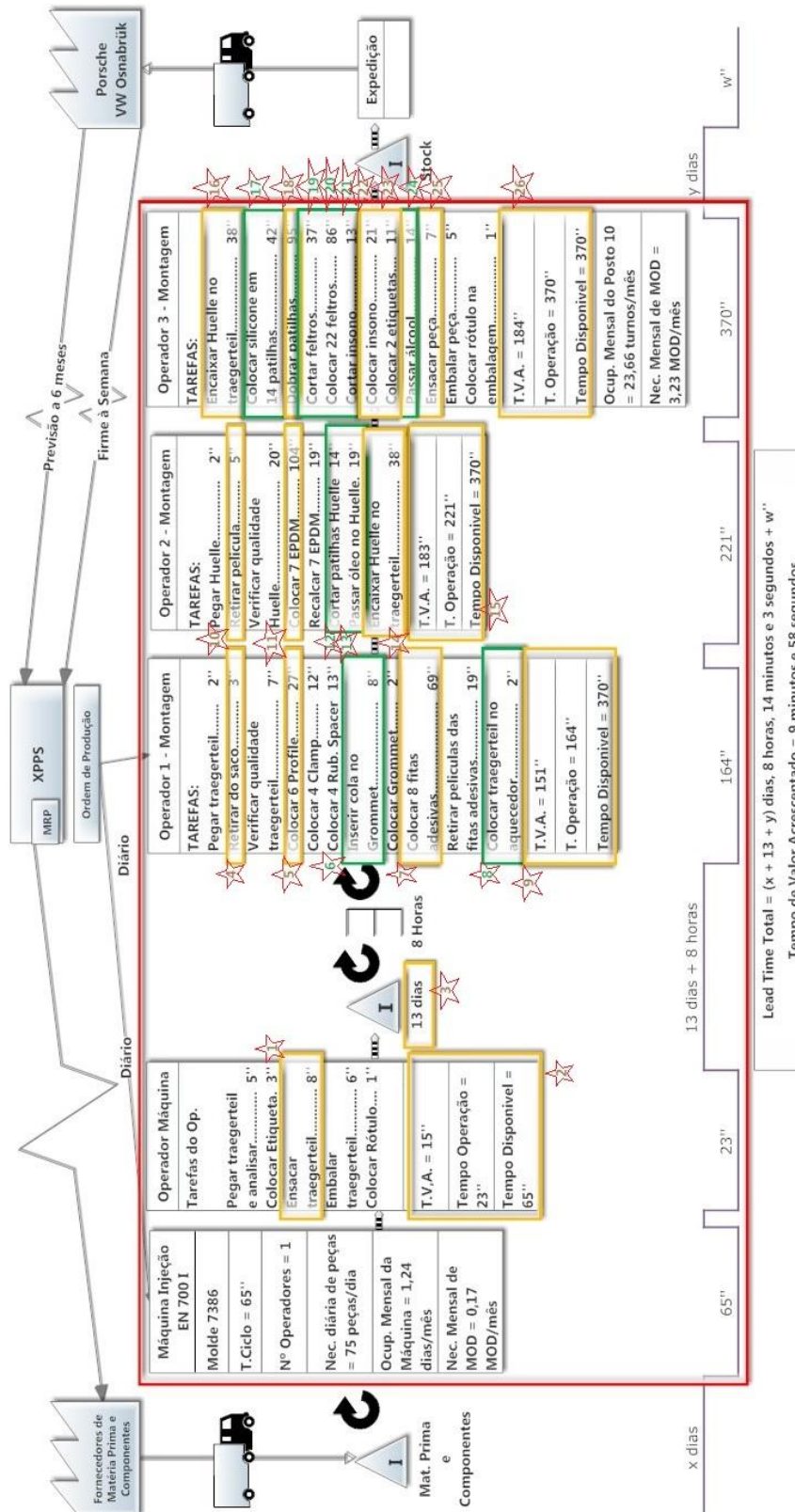


Figura 21 – Mapeamento do Processo Produtivo Inicial

Importa uma vez mais referir que esta análise é apenas aplicada ao processo produtivo e não ao restante fluxo de material e de informação ao longo da cadeia de valor. O quadrado vermelho da figura 21 delimita a área de intervenção deste projeto.

Os dados referentes às métricas utilizadas na análise do processo inicial constam da tabela seguinte.

Tabela 5 – Dados do Processo Produtivo Inicial

Indicadores Estado Inicial	Posto de Injeção	Posto de Montagem 10
Nº Operadores	1	3
Tempo de Ciclo	65 segundos	370 segundos
Tempo de Operação	23 segundos	717 segundos
Tempo de Valor Acrescentado	15 segundos	480 segundos
Ocupação Mensal	1,24 dias/mês	23,66 turnos/mês
Necessidade Mensal de MOD	0,17 MOD/mês	3,23 MOD/mês

É de sublinhar que a tarefa de encaixe do *Huelle* no *Traegerteil* é a única realizada por dois operadores em simultâneo, os operadores 2 e 3 do posto 10 de montagem, pelo que está apenas contabilizada uma vez no tempo de operação e no tempo de valor acrescentado.

Os *layouts* e a vista geral dos postos de trabalho da peça *Verkl. Motorraum Hinten* na fase inicial estão representados nas figuras 22 e 23.

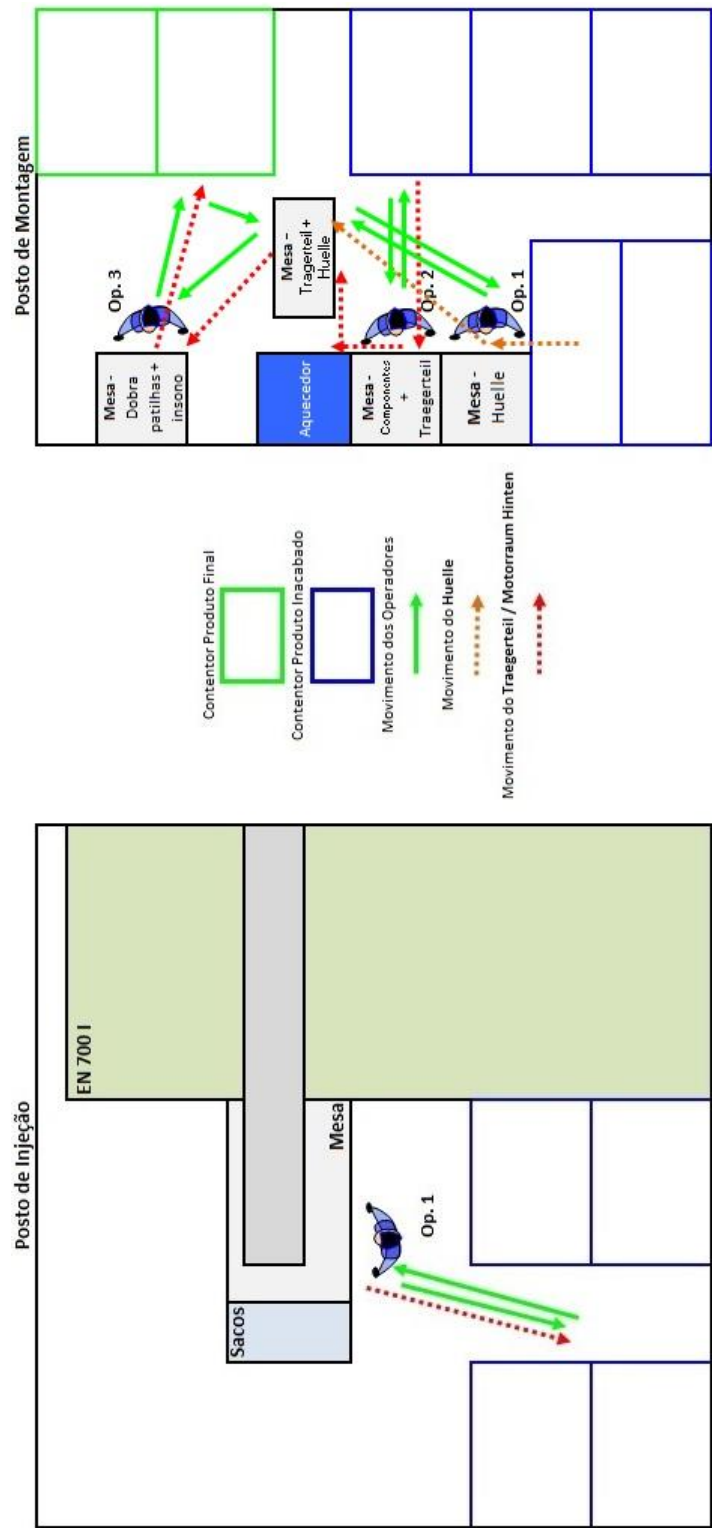


Figura 22 – Layouts do Processo Inicial



Posto de injeção



Posto de montagem

Figura 23 – Estado Inicial dos Postos de Trabalho da Peça Verkl. Motorraum Hinten

Os **Pontos Críticos** representam desperdícios que fazem parte do processo produtivo e aspetos com potencial, estando identificados por quadrados amarelos e por quadrados verdes (figura 21). Estes últimos representam retrabalhos efetuados mediante exigências de qualidade do cliente. Trata-se de correções temporárias não previstas inicialmente, a que se tem de recorrer na sequência da deteção de falhas, e que integram o processo produtivo, até que sejam feitas correções no projeto com vista à sua eliminação.

Segue-se uma descrição pormenorizada de todos os pontos críticos identificados.

Os pontos críticos **1**, **4** e **25** correspondem às tarefas de ensacamento e desensacamento das peças. A sua realização é justificada pelo estado de conservação em que as embalagens se encontravam, como se comprova pela figura 24. No entanto, estas tarefas não fazem parte dos requisitos impostos pelo cliente e, portanto, não acrescentam valor à peça, para além de ocuparem tempo dos operadores e poderem vir a obrigar a empresa a indemnizar o cliente por incumprimento contratual.



Ensacamento do Traegerteil



Estado de conservação das embalagens

Figura 24 – Pontos Críticos Referentes ao Ensacamento do Traegerteil

As diferenças verificadas no processo produtivo entre os tempos de operação, os tempos disponíveis e os tempos de valor acrescentado, por cada operador, e que são bem expressivas, constituem os pontos críticos **2, 9, 15 e 26**.

O ponto crítico **3** é referente ao elevado tempo médio do produto inacabado *Traegerteil* em stock, que se reflete numa grande necessidade de espaço em armazém e em supermercado ($24,33 + 2,4 \text{ m}^2$, valores obtidos a partir da análise SMED) e num pior serviço prestado ao cliente.

A dificuldade, referida pelos próprios operadores, de colocação dos componentes *Profile* na peça, por estes virem demasiado apertados, diz respeito ao ponto crítico **5**.

O ponto crítico **6** tem a ver com o facto do componente *Grommet* sair da peça com facilidade, o que obriga a que se passe cola quente antes de o colocar, de modo a fixá-lo permanentemente.

O ponto crítico **7** diz respeito à falta de uma estrutura de suporte dos rolos das fitas adesivas, o que prolonga a duração da tarefa por dificuldades de manuseamento.

Durante a produção foram verificadas diferenças quanto às dimensões entre o *Traegerteil* e o *Huelle*. A colocação do *Traegerteil* no aquecedor serve para aumentar o seu volume facilitando a entrada das patilhas do *Huelle* nas frinchas, patilhas essas que são cortadas com o mesmo objetivo. Estas duas atividades, pelo facto de não estarem previstas e não acrescentarem valor à peça, foram identificadas como os pontos críticos **8 e 12**.

O ponto crítico **10** é referente ao tempo despendido na tarefa de remoção de uma película plástica do componente *Huelle* que serve de proteção contra danos, tarefa que não acrescenta valor na ótica do cliente. A figura 25 demonstra a presença desta película.



Figura 25 – Presença de Película no Componente *Huelle*

A tarefa de montagem dos EPDM corresponde ao ponto crítico **11**. Em primeiro lugar, a realização da tarefa sem recurso a uma base de apoio ao *Huelle* aumenta o risco de dano. Em segundo lugar, a ausência de uma estrutura de suporte à embalagem do componente EPDM obriga o operador a curvar-se a cada ciclo no sentido de se abastecer (embalagem situada no chão), executando movimentos pouco ergonómicos.

Os pontos críticos **14** e **16** reportam-se à ausência de uma base de apoio para a realização da mesma tarefa o que pode danificar a peça.

Os pontos críticos **13**, **17**, **18** e **24** dizem respeito à incompatibilidade verificada entre o periférico de dobragem de patilhas e de deteção de componentes e a peça. Foi detetado por parte do cliente o aparecimento de fissuras no componente *Huelle* aquando da utilização do periférico de dobragem.



Figura 26 – Fissuras no Alumínio do Componente *Huelle*

Para solucionar este problema a curto prazo, aquando da filmagem do processo inicial, procedeu-se da seguinte forma: colocou-se silicone no *Traegerteil* junto ao ponto de dobragem de 14 patilhas (figura 27), a dobragem foi feita manualmente e passou-se óleo e álcool no alumínio para disfarçar a zona fissurada. A solução adotada para contornar o problema fez com que não existisse um sistema de deteção de componentes, algo igualmente problemático.

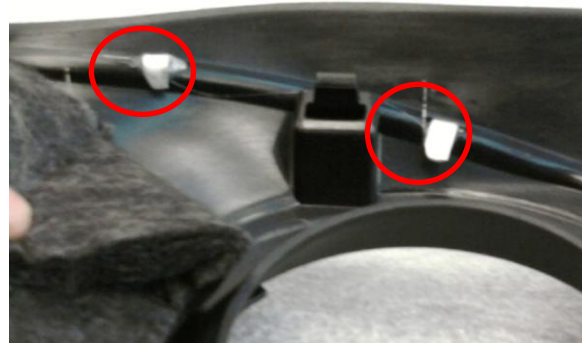


Figura 27 – Passagem de Silicone no *Traegerteil* e Corte de Patilhas

Os pontos críticos **19** e **20** estão relacionados com a dimensão das frinchas do *Traegerteil* por onde passam as patilhas do *Huelle*, o que potencia a passagem de luz, algo que não era esperado pelo cliente. A medida temporária utilizada para corrigir este problema passou pela colocação de feltros nas zonas de passagem de luz, atividade morosa e que não acrescenta valor à peça na ótica do cliente.

Os pontos críticos **21** e **22** dizem respeito às tarefas que envolvem o componente *insono*. O primeiro é relativo à tarefa de corte do mesmo para que tenha as dimensões exigidas pelo cliente. O segundo diz respeito à ausência de uma estrutura de suporte à embalagem dos *insonos*, o que obriga o terceiro operador a baixar-se para se abastecer dos mesmos a cada ciclo, fazendo movimentos pouco ergonómicos. Ainda acerca do mesmo componente, foram detetadas pelo cliente peças sem *insonos*, algo que pode justificar a apresentação de um pedido de

indenização. Ao mesmo tempo, constatou-se que a luz natural que incidia sobre a mesa onde as tarefas eram realizadas era manifestamente insuficiente, o que obrigava a um esforço de concentração extra por parte dos operadores.

O ponto crítico **23** prende-se com o tempo despendido na colagem das etiquetas do projeto e do número do operador. Enquanto as primeiras etiquetas constam de uma folha, as segundas são retiradas com recurso a uma pistola que não possui um lugar definido no posto de trabalho.

O último ponto crítico identificado diz respeito ao cruzamento de tráfego entre os operadores 1 e 2, devido ao *layout* do posto de montagem (figura 22).

3.2.4 Processo Futuro

Após a análise do estado inicial do processo produtivo e a identificação dos pontos críticos passou-se à projeção de um estado futuro que contemplasse a eliminação destes aspetos tidos como desperdícios e que marcam negativamente a situação presente do processo produtivo.

No processo de montagem de componentes (módulo de montagem), a necessidade de peças do projeto, o tempo de abertura de turno por dia e o rendimento operacional mínimo da SP ajudam a determinar um valor de *Takt Time* e de *Tempo de Ciclo Planeado* que indica uma *Necessidade Mensal de Mão-de-Obra Direta* inferior a um operador, no pressuposto que se pretende atingir, num estado futuro, um *Tempo de Operação* de 261 segundos (para completar todas as tarefas realizadas no posto de montagem, conforme se ilustra na figura 28).

Tabela 6 – Valores das Métricas Associadas ao Processo de Montagem

<i>Takt Time</i> (s)	Tempo de Ciclo Planeado (s)	Necessidade Mensal de MOD (MOD)
$\frac{25800}{75} = 344$	$344 * 0,9 = 310$	$\frac{261}{310} = 0,84$

No entanto, para garantir o nível de qualidade exigido pelo cliente na montagem do *Verkl. Motorraum Hinten* é necessária a participação de dois operadores, concretamente na tarefa de acoplagem do *Huelle* ao *Traegerteil*. Por este motivo fez-se a projeção do estado futuro com dois operadores no posto de montagem o que permite uma diminuição da ocupação diária do mesmo. Em contrapartida, foi definido internamente que os trabalhadores seriam distribuídos por outros processos assim que ficasse satisfeita a necessidade diária das peças *Verkl. Motorraum Hinten*.

A figura 28 representa a proposta apresentada, que contempla a eliminação da maioria dos pontos críticos, garantindo-se o balanceamento do processo.

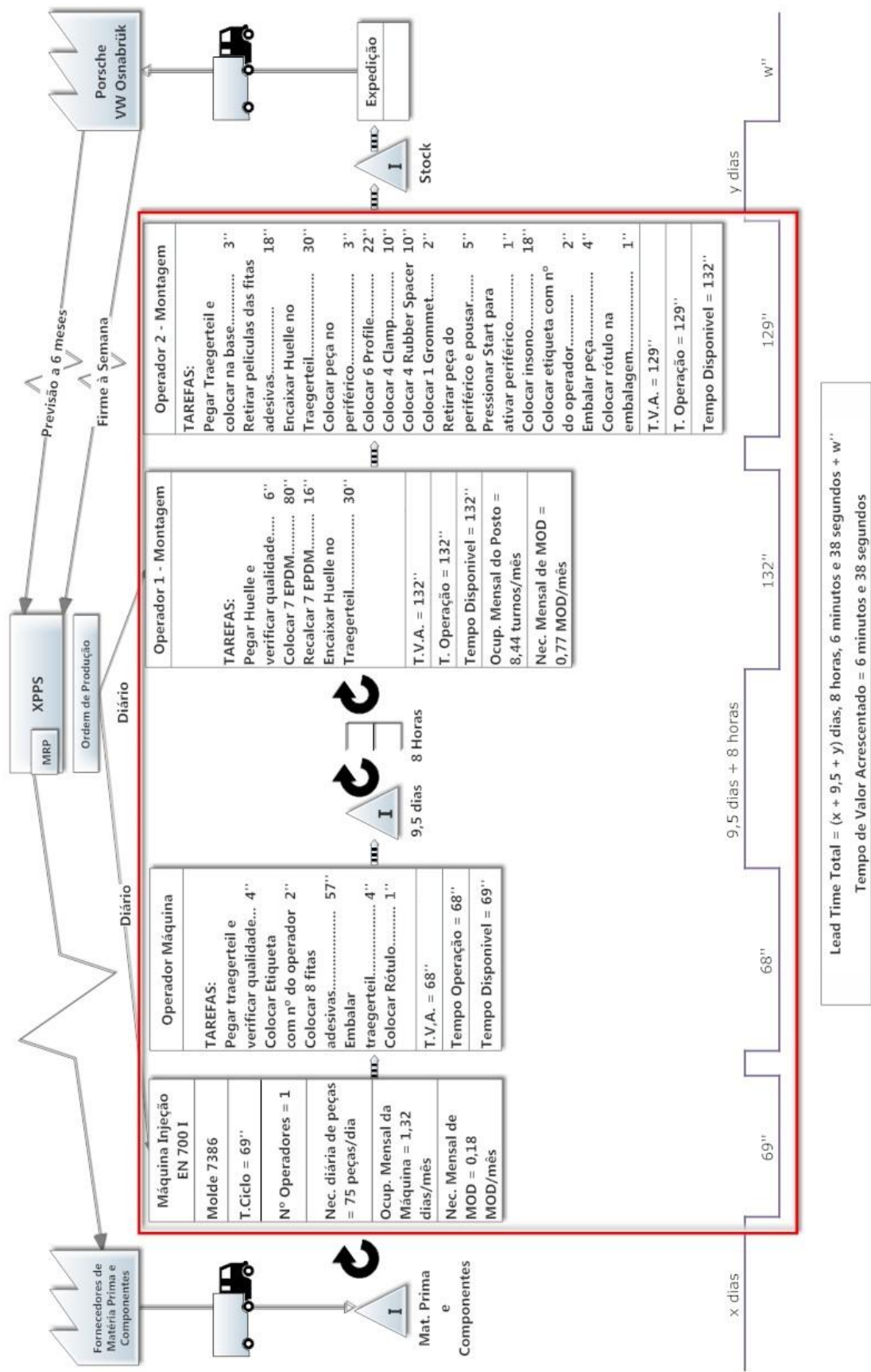


Figura 28 – Mapeamento do 1º Processo Produtivo Futuro

Apesar de não se eliminar o *stock* de produto inacabado, a sua duração média diminuiu, no entanto, para 9,5 dias, visto que se assumem os novos valores de SMED, conforme consta do ponto 3.5.3 do relatório.

Os valores dos indicadores calculados para o primeiro processo produtivo futuro proposto encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 7 – Dados do 1º Processo Produtivo Futuro

Indicadores 1º Processo Futuro	Posto de Injeção	Posto de Montagem 10
Nº Operadores	1	2
Tempo de Ciclo	69 segundos	132 segundos
Tempo de Operação	68 segundos	231 segundos
Tempo de Valor Acrescentado	68 segundos	231 segundos
Ocupação Mensal	1,32 dias/mês	8,44 turnos/mês
Necessidade Mensal de MOD	0,18 MOD/mês	0,77 MOD/mês

A figura 29 representa a proposta de alteração aos *layouts* iniciais necessária para a implementação das alterações ao processo produtivo.

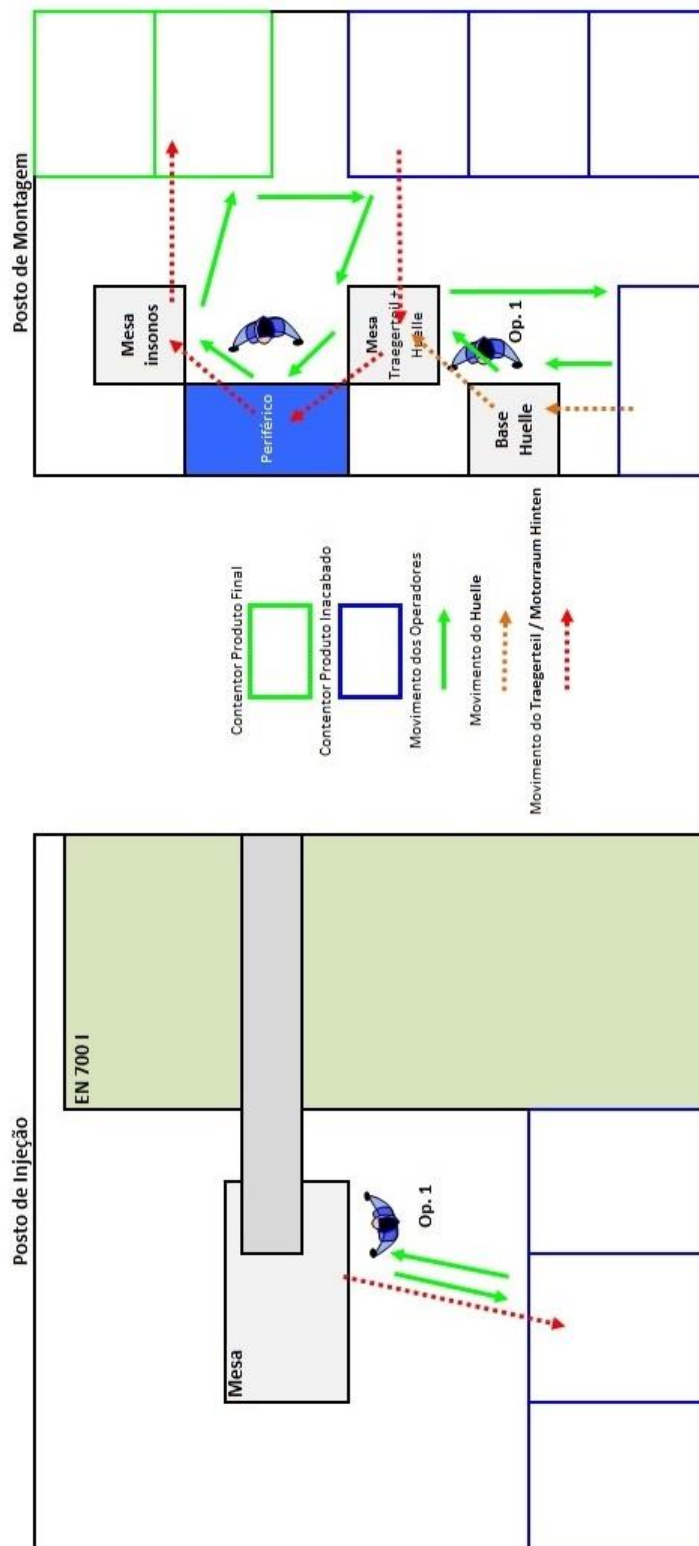


Figura 29 – Layouts do 1º Processo Futuro

Com o objetivo de eliminar o *stock* de produto inacabado, um dos pontos críticos identificados na análise do estado inicial do processo, foi elaborada uma segunda proposta, que contemplava a eliminação do posto de montagem.

Eliminação do Posto de Montagem

A figura 30 é representativa do mapeamento feito e contempla a passagem das tarefas realizadas no módulo de montagem para o posto da máquina de injeção EN 700 I eliminando, para além do stock de produto inacabado, o posto 10 de montagem e o supermercado. Para que todos os operadores consigam realizar as suas tarefas seria necessário aumentar significativamente o tempo de ciclo da máquina de injeção, assumindo valores pouco comuns na SP.

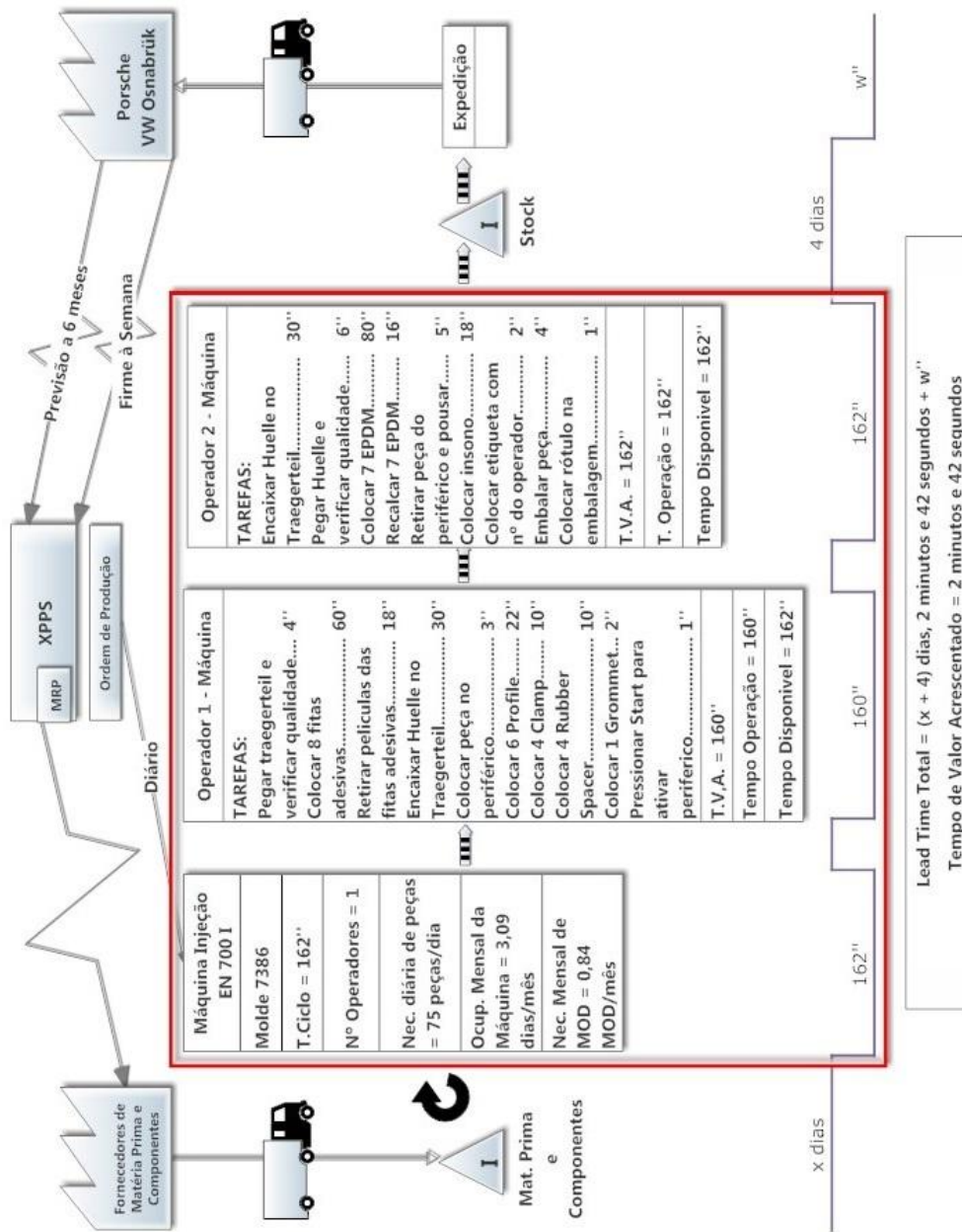


Figura 30 – Mapeamento do 2º Processo Produtivo Futuro

Esta segunda proposta de processo produtivo futuro contempla a eliminação de todos os pontos críticos atrás identificados.

Os valores dos indicadores calculados para esta nova proposta encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 8 – Dados do 2º Processo Produtivo Futuro

Indicadores do 2º Processo Futuro	Posto de Injeção
Nº Operadores	2
Tempo de Ciclo	162 segundos
Tempo de Operação	292 segundos
Tempo de Valor Acrescentado	292 segundos
Ocupação Mensal	3,09 dias/mês
Necessidade de MOD	0,84 MOD/mês

Na figura 31 está apresentada a proposta de *layout* do posto junto à máquina EN 700 I associada ao estado futuro 1.

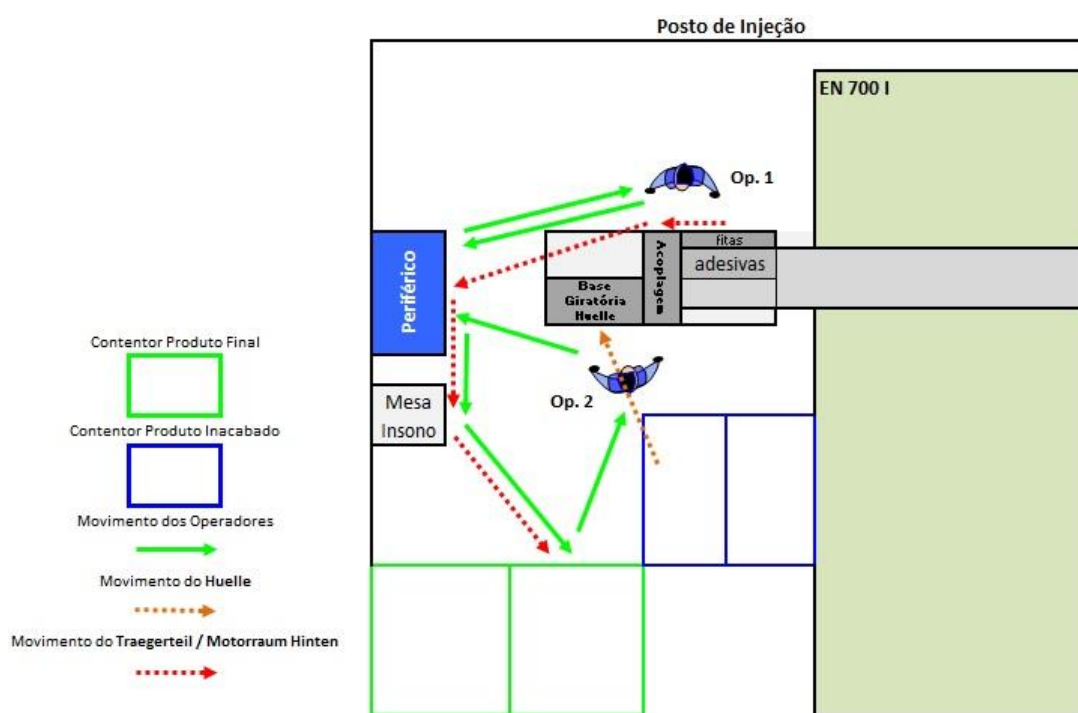


Figura 31 – Layout do 2º Processo Futuro

A escolha de dois operadores prende-se com algumas limitações impostas pelo processo e pela SP. Por um lado, como já havia sido referido, a tarefa de acoplagem do *Huelle* no *Traegerteil* exige a participação de dois operadores. Por outro lado, a SP restringe o número de operadores por máquina de injeção nos módulos 1 e 2 a um máximo de dois, para garantir o seu correto aproveitamento ao longo do mês, visto terem de ser envolvidos noutros processos para completarem as horas de trabalho mensais definidas.

3.2.5 Plano de Ação

Com a análise do processo inicial, a identificação e descrição dos pontos críticos e a projeção de estados futuros pretendidos, obtiveram-se os elementos necessários para se avançar para uma nova etapa do trabalho: a elaboração de um plano de ação que permita que o processo real se aproxime ou, idealmente, atinja o objetivo proposto. Uma vez mais, a participação de todos os elementos dos grupos de trabalho foi essencial na realização do plano, ao tornar possível a partilha e a discussão de ideias, e ainda a definição das melhores soluções para se eliminarem os pontos críticos identificados e se otimizar o processo produtivo.

As ações propostas ao grupo de trabalho constam da tabela 9 e são descritas de acordo com os pontos críticos que se pretendem eliminar.

Tabela 9 – Plano de Ação

Ponto Crítico (ver secção 3.2.4)	Ação
Ensacamento e desensacamento de peças (1, 4 e 25)	Dotar a zona de armazenamento de embalagens de cobertura que evite a degradação das mesmas, tornando desnecessária a utilização de sacos para conservar a peça <i>Verkl. Motorraum Hinten</i>
T.Disp > T.Op > T.V.A (2, 9, 15, 26)	Proceder ao balanceamento do processo produtivo (3.2.4 – Processo Futuro)
Elevada quantidade de <i>stock</i> de produto inacabado (3)	Atuar sobre troca de molde (3.5 – Aplicação da Metodologia SMED ao Projeto)
Componente <i>Profile</i> fechado (5)	Requisitar <i>Profiles</i> menos apertados ao fornecedor
Problemas de dimensões e fissuras (6, 8, 12, 13, 17, 19, 20 e 24)	Alterar as dimensões do <i>Traegerteil</i> (atuar no molde) com vista à eliminação dos pontos críticos; Requisitar ao fornecedor as modificações estruturais nas patilhas do componente <i>Huelle</i> (diminuição da largura)
Manuseamento das fitas adesivas (7)	Criar uma estrutura funcional de suporte aos rolos que auxilie o operador na tarefa de colocação de fitas adesivas
Película do componente <i>Huelle</i> (10)	Alterar a configuração interna das embalagens do componente <i>Huelle</i> para que se previna a danificação do material sem haver necessidade de recorrer a películas plásticas
Colocação de EPDM (11)	Dotar o posto de trabalho de uma base de apoio ao <i>Huelle</i> , ergonómica, giratória, com inércia e bloqueio de rotação a cada 45°; Adaptar a estrutura à mesa servindo de apoio à embalagem de componentes evitando assim os movimentos pouco ergonómicos realizados pelo operador
Dificuldade na acoplagem do <i>Huelle</i> no <i>Traegerteil</i> (14 e 16)	Dotar o posto de trabalho de uma base de apoio à peça <i>Traegerteil</i> de forma a auxiliar o processo de acoplagem do <i>Huelle</i> na mesma; Aumentar o tempo de arrefecimento do <i>Traegerteil</i> dentro de molde (na injeção) através do aumento do tempo de ciclo, garantindo a diminuição da contração da peça e facilitando o processo de acoplagem do <i>Huelle</i> na mesma

Dobragem manual das patilhas do <i>Huelle</i> (18)	Adaptar o periférico às novas dimensões da peça, reduzindo o tempo despendido na dobragem de patilhas e detetando a ausência de qualquer componente com a exceção do insono, que é colocado posteriormente; Suspende a peça após a etapa de dobragem das patilhas para permitir pousar a seguinte antes de a retirar reduzindo movimentos realizados pelo operador
Corte dos insonos (21)	Requisitar ao fornecedor insonos com dimensões exigidas pelo cliente
Problemas na tarefa de colocação de insonos (22)	Adaptar a estrutura de suporte a embalagens de insonos e de luz à mesa; Criar um sistema de deteção (<i>Poka-Yoke</i> – método de prevenção por paragem) da colocação de insonos com recurso a sensores óticos, funcionando em conjunto com o periférico. Após pressionar Start no periférico e iniciar a dobragem das patilhas, os operadores têm de retirar o insono da embalagem, caso contrário acende-se a luz laranja e o periférico não efetua o ciclo seguinte mostrando mensagem de falha
Etiquetas (23)	Alterar o molde passando o símbolo do projeto a vir na peça injetada; Adaptar a estrutura de suporte à pistola na mesa.
<i>Layout</i> posto de montagem	Alterar o <i>layout</i> do posto de trabalho (3.2.4 – Processo Futuro)

A realização de todas as medidas apresentadas no plano de ação é essencial para se atingir o estado futuro proposto.

3.2.6 Análise Financeira

De modo a justificar os investimentos necessários à implementação do plano de ação foi efetuada uma análise financeira, contabilizando ganhos e custos associados às duas propostas de processo futuro. Esta análise é essencial para o processo de tomada de decisão.

Os valores correspondentes às necessidades mensais de MOD (mão-de-obra direta) e de ocupação mensal dos postos de montagem e da máquina de injeção estão indicados nas figuras dos mapeamentos dos processos produtivos inicial e futuros.

Os símbolos ①, ② e ⑤ correspondem ao custo horário de ocupação de mão-de-obra direta, ao custo do metro quadrado na fábrica e ao custo horário de funcionamento da máquina de injeção EN 700 I, sendo definidos pelo departamento financeiro. De igual forma os símbolos ③ e ④, da tabela 11, correspondem aos valores monetários dos investimentos necessários à implementação das ações de melhoria.

Nas tabelas 10 e 11 são apresentados os ganhos e os custos associados às propostas para o estado futuro do processo produtivo.

Tabela 10 – Análise dos Ganhos Associados às Alterações do Processo

Ganhos			
	Processo Atual	1º Processo Futuro	2º Processo Futuro
Necessidade Mensal de MOD	3,4 MOD	0,95 MOD	0,84 MOD
Δ^{MOD}	-	2,45 MOD/mês	2,56 MOD/mês
Ocupação Mensal dos Postos de Montagem	23,66 turnos	8,44 turnos	0 turnos
Δ^{OCUP} postos de montagem	-	15,22 turnos/mês	23,66 turnos/mês
Área de posto de montagem e de supermercado no módulo de montagem (área 1)	21,83 m ²	21,83m ²	0
$\Delta^{\text{ÁREA 1}}$	-	0	21,83 m ²
Área ocupada por <i>stock</i> intermédio em armazém (área 2)	24,33 m ²	17,84 m ²	0
$\Delta^{\text{ÁREA 2}}$	-	6,49 m ²	24,33 m ²
Ganho em MOD = $\Delta^{\text{MOD}} \times 8$ horas $\times \textcircled{1} \times 22$ dias $\times 10$ meses	-	$\textcircled{1}$.4.312 €/ano	$\textcircled{1}$.4.505,6 €/ano
Ganho em área 1 = $\Delta^{\text{ÁREA 1}} \times \textcircled{2} \times 8$ horas $\times \Delta^{\text{OCUP}} \times 10$ meses	-	0	$\textcircled{2}$.41.319,82 €/ano
Ganho em área 2 = $\Delta^{\text{ÁREA 2}} \times \textcircled{2} \times 24$ horas $\times 22$ dias $\times 10$ meses	-	$\textcircled{2}$.34.267,2 €/ano	$\textcircled{2}$.128.462,4 €/ano

Tabela 11 – Análise dos Custos Associados às Alterações do Processo

Custos			
	Processo Atual	1º Processo Futuro	2º Processo Futuro
Ocupação Mensal da Máquina de Injeção	1,24 dias	1,32 dias	3,09 dias
$\Delta^{\text{OCUPAÇÃO}}$	-	0,08 dias/mês	1,85 dias/mês
	-	1,92 horas/mês	44,4 horas/mês
Custo de Investimento necessário à aplicação do plano de ações	-	$\textcircled{3}$ €	$\textcircled{4}$ €
Custo do aumento de ocupação da máquina de injeção = $\Delta^{\text{OCUPAÇÃO}} \times \textcircled{5}$ $\times 10$ meses	-	$\textcircled{5}$.19,2 €/ano	$\textcircled{5}$.444,4 €/ano

Por fim, calculou-se a diferença entre os ganhos relacionados com a mão-de-obra direta e com as áreas e, por outro lado, os custos de investimento e de ocupação da máquina de injeção para se obter o valor do lucro esperado, por ano, para cada uma das situações. Importa referir que os custos de investimento ③ e ④ apenas entram nas contas do primeiro ano, o que significa que o lucro será maior nos anos seguintes.

Os resultados obtidos foram significativos e demonstram que a proposta envolvendo a passagem integral do processo para o posto de injeção é ligeiramente mais lucrativa. Ainda assim, por decisão estratégica da empresa, optou-se pela hipótese que contemplava manter em funcionamento o posto de trabalho do módulo de montagem. Esta decisão foi justificada pela fase inicial em que se encontrava o projeto e pelo elevado número de componentes e tarefas envolvidas no processo produtivo.

3.2.7 Fase de Implementação das Ações Propostas

Após a realização deste estudo teve lugar a fase de implementação do plano de ação, que se iniciou a 2 de Janeiro de 2013 e se prolongou por todo o período de estágio. É de sublinhar que durante este período foram executadas 11 das 14 ações sugeridas.

Em seguida, apresenta-se um conjunto de figuras ilustrativas dos pontos críticos identificados, bem como das soluções implementadas.

A alteração da dimensão do *Traegerteil* proposta ao grupo de trabalho envolveu a criação de uma saliência ligeiramente inclinada. Com esta alteração o ponto de dobragem da patilha passou a localizar-se numa zona interior da peça o que evita que sua fissuração, caso exista, seja visível. Importa referir que este é um problema visual e não funcional e, por este motivo, o cliente aceita que ocorram fissuras desde que não sejam visíveis após a montagem da peça. Com esta alteração evitou-se ainda a passagem da luz o que permitiu eliminar as tarefas de corte e de colocação de feltros. Na figura 32 é possível verificar esta alteração na zona das frinchas por onde passam as patilhas do *Huelle*.

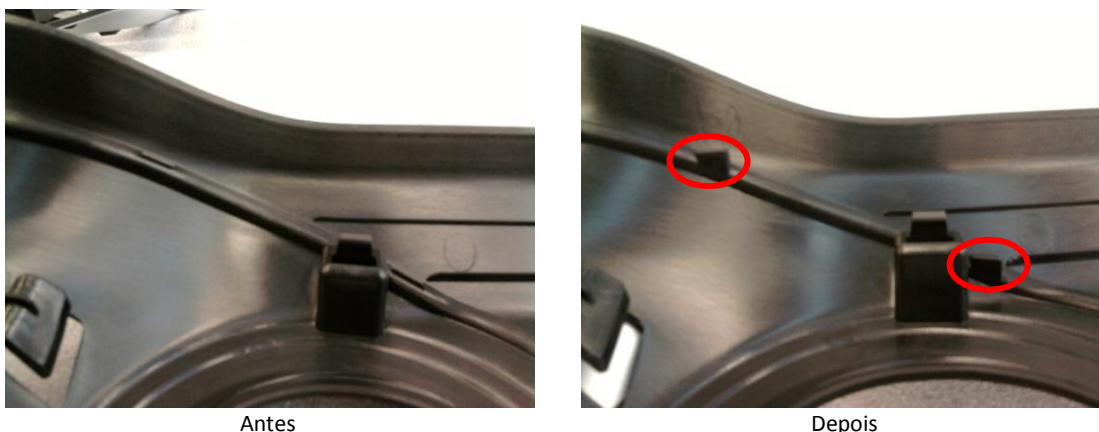


Figura 32 – Alterações da Dimensão do *Traegerteil*

Para eliminar o ponto crítico relativo à tarefa de manuseamento das fitas adesivas, foram analisadas possíveis soluções e propôs-se a criação e a adaptação de estruturas funcionais ao

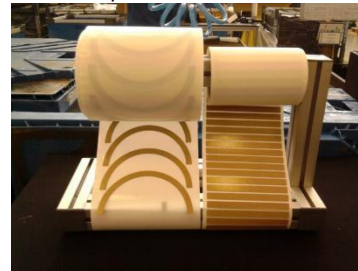
posto de trabalho. Na figura 33 podem observar-se as condições em que a tarefa era realizada aquando da análise do processo inicial, bem como as estruturas posteriormente implementadas que simplificaram bastante a operação.



Antes



Depois – 1ª estrutura



Depois – Estrutura alternativa

Figura 33 – Estrutura de Suporte aos Rolos das Fitas Adesivas

A figura 34 diz respeito à nova configuração interna da embalagem do *Huelle* que permitiu a eliminação das películas plásticas sem pôr em causa a qualidade do componente.



Figura 34 – Nova Configuração Interna das Embalagens do Componente *Huelle*

Após consultar os operadores do posto de montagem propôs-se ao grupo de trabalho a criação de uma base giratória de apoio ao *Huelle*. Esta base, para além de facilitar a colocação dos componentes *EPDM* visto que o operador a pode adaptar à posição que mais o favorece, impede ainda que a peça se danifique durante o processo, algo que preocupava o cliente na fase inicial. A estrutura de suporte à embalagem de *EPDM* evita os movimentos pouco ergonómicos realizados

anteriormente pelo operador. Na seguinte figura é possível ver a mesa de trabalho antes e após a implementação das ações propostas.



Antes



Depois

Figura 35 – Mesa Utilizada na Montagem de EPDM

Ao dotar-se o posto de montagem de uma segunda base para a acoplagem do *Huelle* no *Traeger teil* torna-se mais simples a execução desta tarefa e reduz-se o risco de se danificar a peça plástica devido a falhas na colocação das patilhas nos orifícios próprios. A figura seguinte ilustra as diferenças entre as situações anterior e posterior à implementação da ação proposta.



Antes



Depois

Figura 36 – Base de Apoio à Acoplagem do Huelle no Traeger teil

A figura 37 respeita à tarefa de dobragem de patilhas, que antes era feita manualmente, e que, após a adaptação do equipamento às novas dimensões da peça, viu reduzida drasticamente a sua duração. Simultaneamente, dotou-se o processo de um equipamento que faz a verificação de componentes, essencial para a criação de um sistema produtivo à prova de erros.



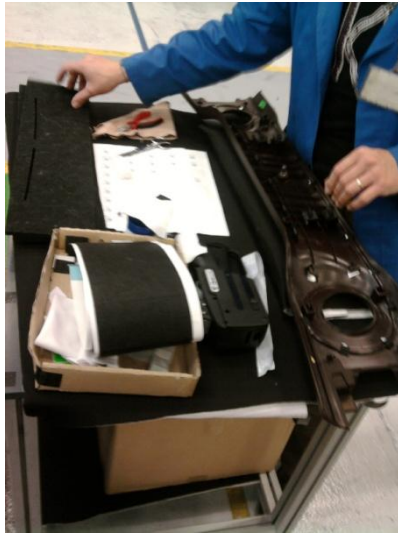
Figura 37 – Processo de Dobragem de Patilhas do *Huelle* e de Detecção de Componentes

Na figura 38 é possível verificar o primeiro componente *insono*, que necessitava de ser cortado antes de ser colocado no *Traegerteil*, bem como o novo *insono*, com as dimensões ideais. A ideia de se requisitar *insonos* com novas dimensões surgiu da visualização de filmagens e permitiu eliminar a tarefa de corte, reduzindo o tempo de operação do processo.

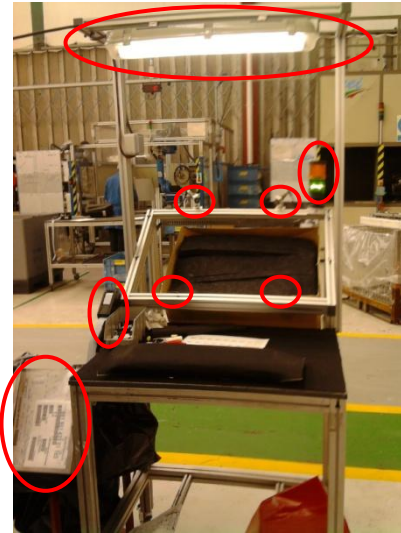


Figura 38 – Dimensões do *Insono*

A adaptação da mesa, onde se realizavam tarefas como a colocação do *insono*, às necessidades do operador, tornou o posto de trabalho mais organizado e funcional. Dotou-se a área de trabalho de um novo sistema de iluminação que diminui o esforço de concentração e o nível de cansaço do operador, colocou-se um porta rótulos e uma estrutura para a pistola das etiquetas e criou-se uma outra estrutura para a colocação da embalagem dos *insonos*. Simultaneamente, concebeu-se um sistema de prevenção contra a falta deste componente com base no recurso a sensores óticos e a espelhos refletor. Ao trabalhar em conjunto com o periférico de dobragem, aquando da não deteção da recolha de um *insono*, o sistema não permite a dobragem da peça seguinte e o sinótipo acende uma luz vermelha. Consegue-se, por esta via, alertar o operador para a falta de *insono* na peça do ciclo anterior. Refira-se que o sistema de prevenção proposto ao grupo de trabalho é bastante importante dado que permite criar um processo à prova de erros. A figura 39 ilustra as melhorias efetuadas.



Antes



Depois – Sensores óticos, espelhos refletor, sinótipo, pistola de etiquetas, porta rótulos e iluminação

Figura 39 – Mesa Usada para Colocação de Insonos

A alteração do molde para que este passasse a injetar a peça com o símbolo do projeto, como verificado em outras peças, permitirá eliminar a tarefa de colocação da etiqueta reduzindo o tempo de operação.



Antes



Objetivo (outra peça do projeto)

Figura 40 – Símbolo do Projeto

No anexo C é possível verificar a gama de fabrico que foi elaborada com o intuito de servir de guião para os operadores alocados ao processo de montagem da peça analisada.

Com a implementação das melhorias referidas anteriormente o processo produtivo da peça *Verk. Motorraum Hinten* tornou-se mais robusto e as tarefas passaram a ser executadas com maior eficiência. O tempo de ciclo do processo de montagem, aquando do término do estágio, havia diminuído dos 370 para os 140 segundos. No entanto, importa referir que só com a realização das restantes ações de melhoria propostas no plano de ação se conseguirá obter o estado projetado e beneficiar dos ganhos financeiros estimados.



Posto de Montagem

Figura 41 – Estado Atual do Posto de Montagem da Peça Verkl. Motorraum Hinten

3.3 Aplicação da Ferramenta 5S ao Projeto

A ferramenta 5S visa promover aspetos como a limpeza e a organização do posto de trabalho e padronizar procedimentos essenciais ao bom funcionamento do espaço de trabalho. Para além da sua aplicação para estes fins, esta ferramenta serve de base à metodologia TPM e complementa a ferramenta de análise de processos VSM e a metodologia SMED.

Nas figuras 42, 44 e 46 é possível ver a remodelação feita no módulo de montagem durante o período de estágio, para o estabelecimento de um espaço dedicado ao projeto Porsche. Esta intervenção inclui-se igualmente no âmbito de ações realizadas com base na metodologia TPM. Num primeiro momento levou-se a fonte de energia até ao último posto do módulo, aproveitando o espaço que inicialmente servia de arrumo dos periféricos do projeto. Desta forma conseguiu-se transformar a respetiva área em postos de trabalho.



Antes



Depois

Figura 42 – Prolongamento de Fonte Elétrica

Posteriormente, foi definido um *layout* para o módulo de montagem de modo a englobar os postos de montagem do projeto, representados na figura 43 a verde.

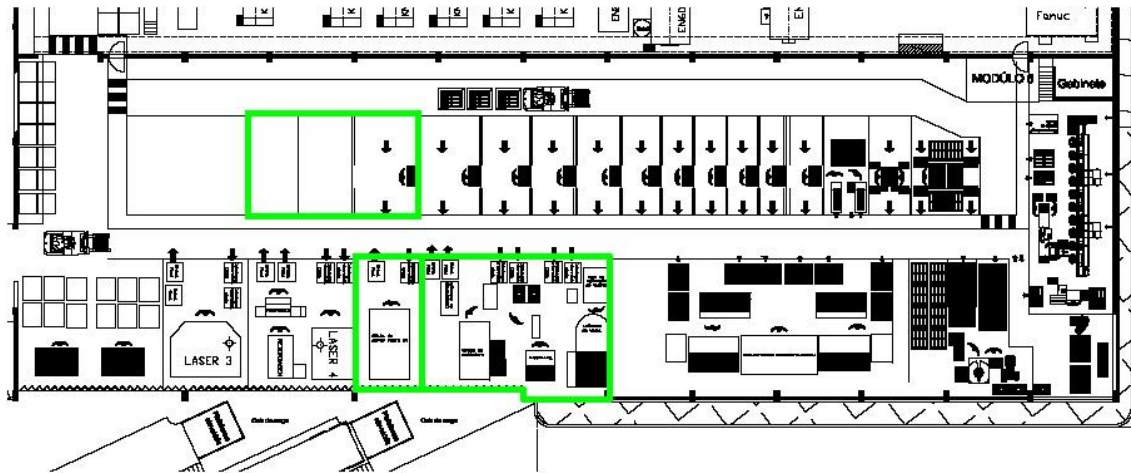


Figura 43 – Layout Inicial dos Postos do Projeto

Para a definição dos postos necessários analisaram-se os dados fornecidos pela equipa de projeto sobre o tempo de ciclo da montagem das diferentes peças e sobre a ocupação diária esperada dos postos, tendo em atenção os pedidos do cliente, bem como as dimensões das embalagens, dos periféricos e das mesas, necessários ao bom funcionamento do módulo de montagem.

Após se ter iniciado a produção de peças para o cliente Porsche foram-se promovendo alterações ao *layout* pré-definido. Os motivos principais estavam relacionados com as exigências do cliente (imposição de retrabalhos e aumento dos pedidos), com o estado avançado de degradação do piso e com as disfuncionalidades dos postos de trabalho. As imagens 44 e 45 são representativas do estado em que se encontrava o módulo de montagem no início do mês de março, altura em que se dispunha de mais dois postos do que o planeado inicialmente.



Vista geral



Postos disfuncionais

Figura 44 – Primeira Disposição dos Postos no Módulo de Montagem

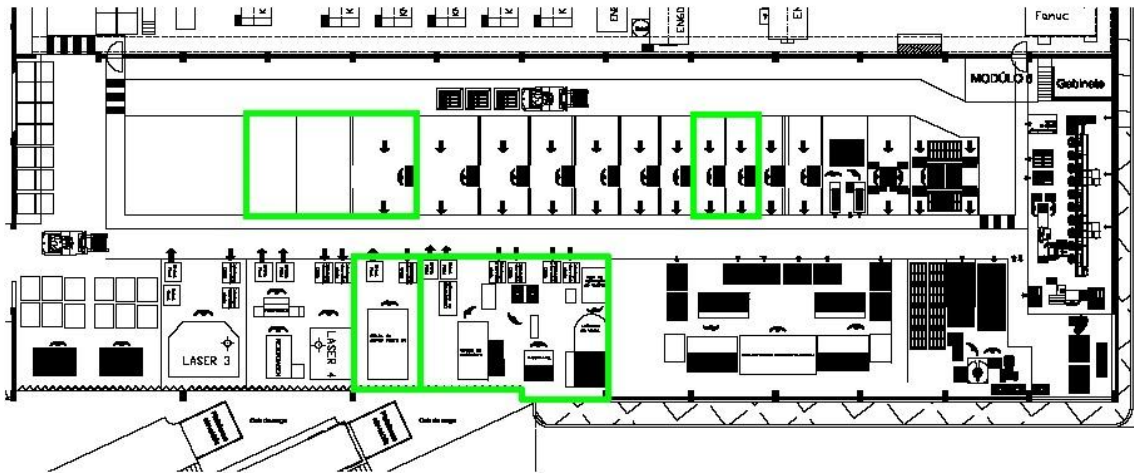


Figura 45 – Layout dos Postos do Projeto em Março

No final do mês de março procedeu-se à definição de novos *layouts* que tornassem os postos de trabalho mais funcionais e que melhorassem o fluxo do material no módulo de montagem. Os novos *layouts* vêm no seguimento da análise dos processos que tinha sido realizada anteriormente. Depois de pintado o chão do módulo de montagem com diferentes cores que definem a posição de equipamentos, e ainda a entrada e a saída de embalagens, foram alinhadas as fontes de alimentação, os sinóticos (sistema *Andon*) e as identificações dos postos de trabalho, de acordo com os padrões SP. Estas alterações estão representadas nas figuras 46 e 47.



Pintura do chão do módulo de montagem



Vista geral

Figura 46 – Disposição Final dos Postos no Módulo de Montagem

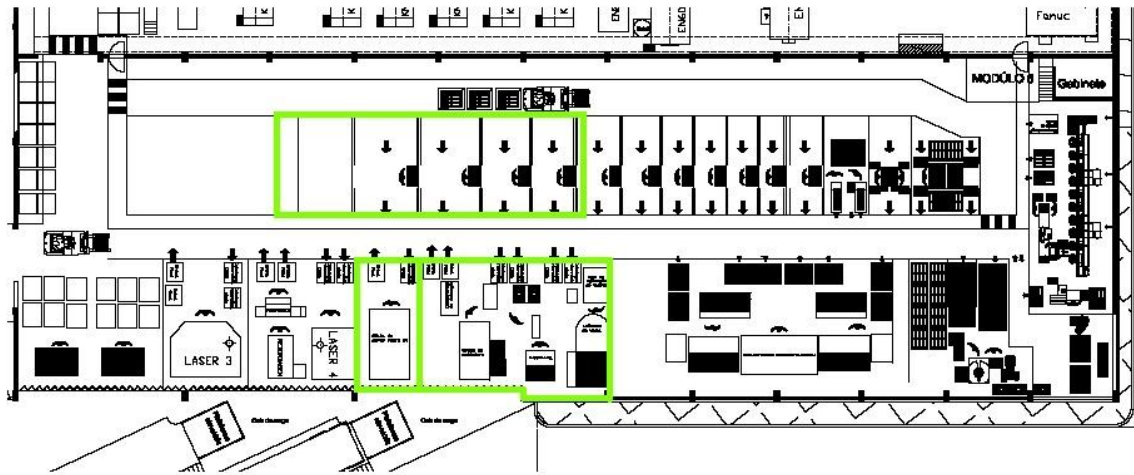


Figura 47 – Layout Final dos Postos do Projeto

Em seguida são apresentados outros exemplos de aplicações 5S no projeto.



Antes



Depois

Figura 48 - Identificação do Lugar para Caixote do Lixo



Caixas de componentes identificadas



Posto 10

Figura 49 – Identificação de Componentes e dos Postos de Trabalho



Antes



Depois

Figura 50 – Limpeza e Pintura das Áreas dos Postos

3.4 Aplicação da Metodologia TPM ao Projeto

A metodologia TPM já se encontrava implementada e consolidada na fábrica SP à data de início do estágio. Durante o período de estágio o recurso a esta metodologia foi essencial para se otimizarem os processos produtivos, garantindo o aumento da sua eficiência, a eliminação de desperdícios e a redução dos custos de manutenção.

A SP possui uma lista de verificação, criada e atualizada pela equipa TPM, que contém informação sobre anomalias com maior risco de ocorrência. Esta lista permite uma inspeção rigorosa dos equipamentos e é aplicável a todos os postos de trabalho devido à semelhança entre as máquinas utilizadas. Dispõe, ainda, de um espaço para que novas anomalias sejam reportadas. Para assegurar que são cruzados vários conhecimentos técnicos que garantam a melhor descrição possível do problema real, são convocadas reuniões semanais em que participam os operadores, a equipa TPM, os responsáveis dos módulos e os responsáveis da manutenção. O recurso a uma máquina fotográfica ajuda a registar os problemas identificados e apontados na lista de verificação. Posteriormente, discutem-se, em nova reunião, possíveis soluções para os problemas identificados. Mais uma vez, a presença dos trabalhadores com diferentes responsabilidades dá mais garantias de que a solução final seja a mais aconselhável. Nesta fase define-se também quem fica responsável por resolver o problema e a data limite de resolução. Por último, procede-se à resolução da anomalia atuando não só no efeito que provoca mas também sobre a causa que a origina para se evitar que volte a ocorrer. No desenvolvimento deste processo pode tornar-se necessário recorrer a subcontratação de serviços, dependendo do tipo de ação que se impõe realizar.

Importa referir que as ações realizadas resultaram tanto de anomalias que já haviam sido identificadas no passado como de novas anomalias reportadas durante o período do estágio. Em seguida apresentam-se ações TPM implementadas, relacionadas com o projeto Porsche.

Na situação da figura 51 procedeu-se à substituição e ao reposicionamento das fichas de interface do robot devido ao seu elevado estado de degradação, bem como à adição de triplas.

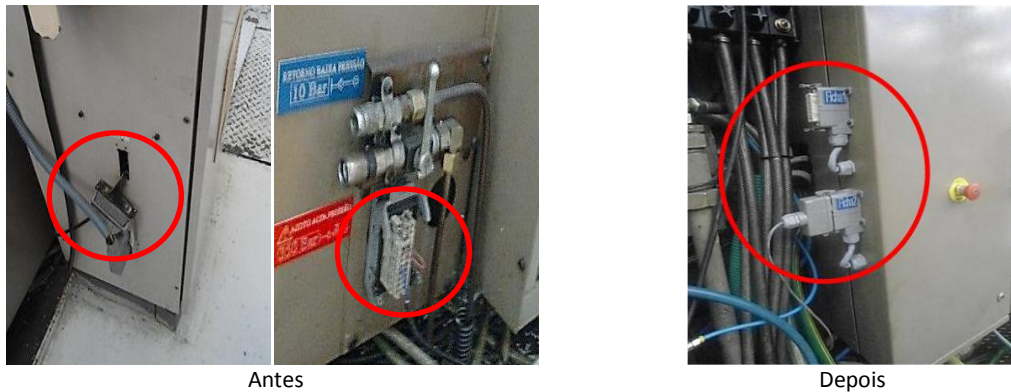


Figura 51 – Troca de Fichas de Interface do Robot

A figura 52 descreve a colocação de uma proteção física na zona dos coletores da máquina. Para além da melhoria do aspeto visual, todos os fios desta zona ficam assim sujeitos a menor desgaste.

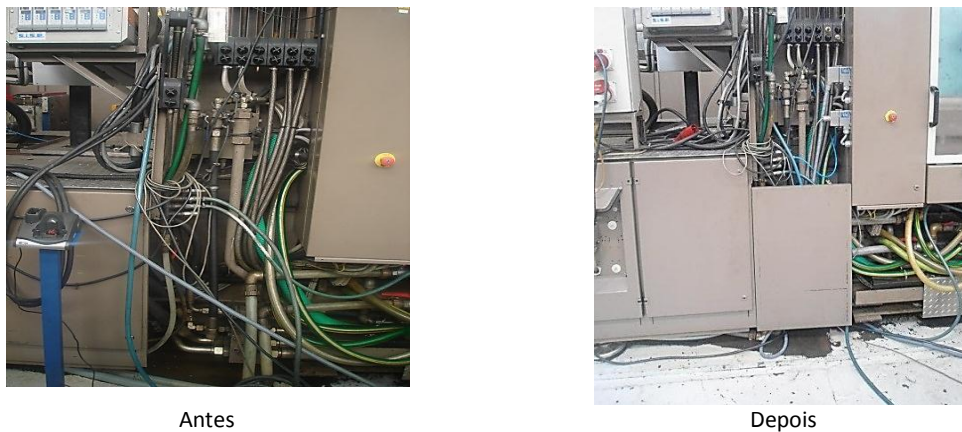


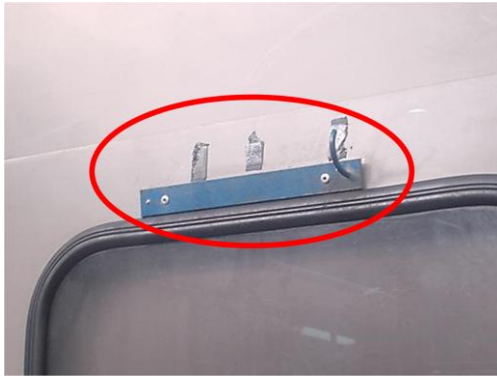
Figura 52 – Colocação de uma Proteção Física na Zona dos Coletores

Numa fábrica com processos de injeção por moldagem é usual verificarem-se fugas de óleo e de água que surgem geralmente no decorrer da troca de moldes. Nestes casos procedeu-se à limpeza da área afetada, seguida da deteção e da correção da fuga (figura 53).



Figura 53 – Limpeza de Fugas de Óleo

A estrutura de suporte de peças que servem de referencial de qualidade encontrava-se danificada pelo que se procedeu à sua reparação (figura 54).



Antes



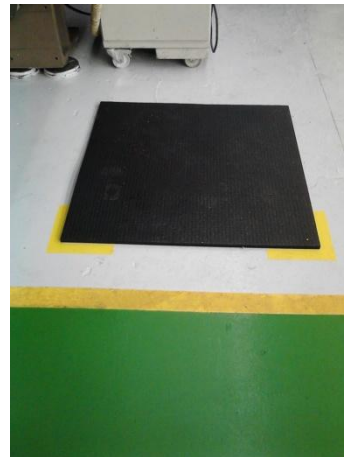
Depois

Figura 54 – Reparação da Estrutura de Suporte de Peças Padrão

A colocação dos moldes no chão da fábrica provoca a degradação da pintura. Uma das medidas preventivas implementadas foi colocar bases de borracha junto às máquinas com as dimensões adequadas para sustentar os moldes aquando do seu pré-aquecimento e da colocação em máquina (figura 55), o que evita igualmente a necessidade de reparações dos moldes devido ao seu incorreto manuseamento. Esta medida tem também implicações no tempo SMED, como já havia sido referido.



Antes



Depois

Figura 55 – Colocação de Bases Junto às Máquinas de Injeção

A presença de uma mangueira de ar comprimido junto às máquinas de injeção serve para auxiliar a limpeza de todo o posto de trabalho. No caso da máquina EN 700 I a falta de um desenrolador fazia com que a mangueira fosse pousada sem o cuidado devido e, além da desarrumação causada, ficasse sujeita a rápida degradação ao ser constantemente esticada ou trilhada por outros equipamentos. Por estes motivos foi encomendado e colocado um desenrolador junto à máquina como demonstra a figura 56.



Antes



Depois

Figura 56 – Desenrolador para Mangueira de Ar

Aquando de uma paragem produtiva da fábrica, aproveitou-se para pintar o chão que se encontrava sem tinta em várias partes (figura 57).



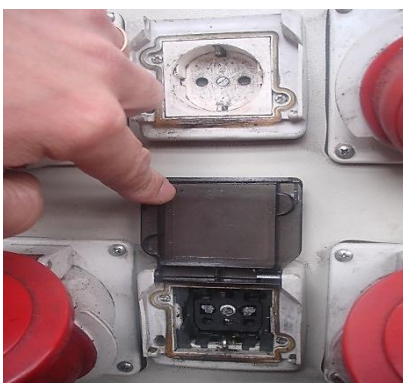
Antes



Depois

Figura 57 – Pintura do Chão da Fábrica

Procedeu-se igualmente à reparação e à substituição de tomadas por outras que garantissem maior segurança durante a sua utilização (figura 58).



Antes



Depois

Figura 58 – Substituição de Tomadas

Para além das ações anteriores, a SP já aplicava o Plano de Manutenção Autónoma definido para cada conjunto de máquinas de igual tonelagem, onde se apontam as responsabilidades de manutenção semanal do(s) operador(es) alocado(s) ao respetivo posto de trabalho (anexo D).

3.5 Aplicação da Metodologia SMED ao Projeto

A aplicação desta metodologia ao projeto ficou a dever-se à necessidade de intervir sobre a preparação e a mudança de moldes e de ferramentas do projeto, de forma a reduzir-se o período não produtivo dos equipamentos associados. Este período tem influência em aspetos como:

- Rendimento operacional das máquinas (Hansen, 2002);
- Flexibilidade da produção;
- Capacidade real da máquina;
- Dimensão dos lotes produtivos;
- Dimensão do *stock* intermédio;
- Lead Time dos produtos;
- Serviço ao cliente;
- Custos produtivos.

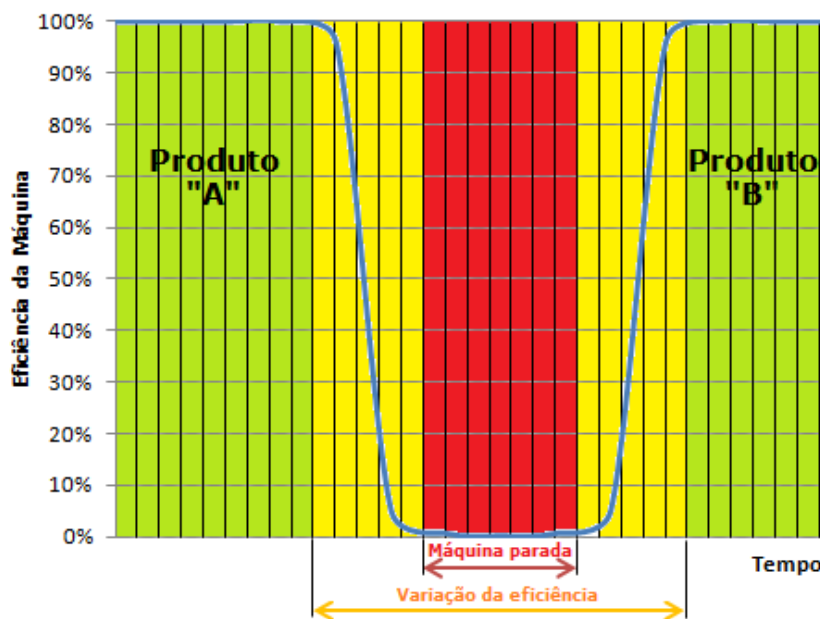


Figura 59 – Gráfico com Variação da Eficiência Durante a Troca de Moldes

Adaptação de: <http://www.vensis.ltd.uk/knowledgebase/changeoversSmed.shtml>

A SP tem definido para um dos seus principais indicadores produtivos, o rendimento operacional, ou OEE, um objetivo mínimo de 90%. Ao aplicar este princípio às máquinas de injeção está a assumir-se que os períodos produtivos devem ser nove vezes os não produtivos.

Ao diminuir o tempo de *setup* reduz-se o tempo necessário de molde em máquina e o número de peças por lote. Isto implica uma maior flexibilidade produtiva, um menor *stock* de produto intermédio e, consequentemente, um menor *lead time*. Todos estes aspetos estão diretamente relacionados com uma maior e mais eficiente capacidade de resposta da empresa a alterações dos pedidos dos clientes.

Os dados apresentados neste ponto são referentes ao processo de troca do molde 7386 da peça *Traegerteil*, a peça plástica que dá origem ao produto final *Verkl. Motorraum Hinten*. Como referido anteriormente, este molde trabalha na máquina EN 700 I, situada no módulo 1.

3.5.1 Diagnóstico Inicial

No sentido de se aplicar a metodologia SMED à troca de moldes do projeto procedeu-se à filmagem deste processo, a 29 de janeiro, desde a última peça produzida do lote anterior até à produção da primeira “peça conforme” pelo molde em causa. Através da filmagem foi possível fazer a identificação das tarefas e da sua duração, bem como a distinção entre as atividades internas e as externas. Estes dados estão representados no diagrama de Gantt da figura 60.

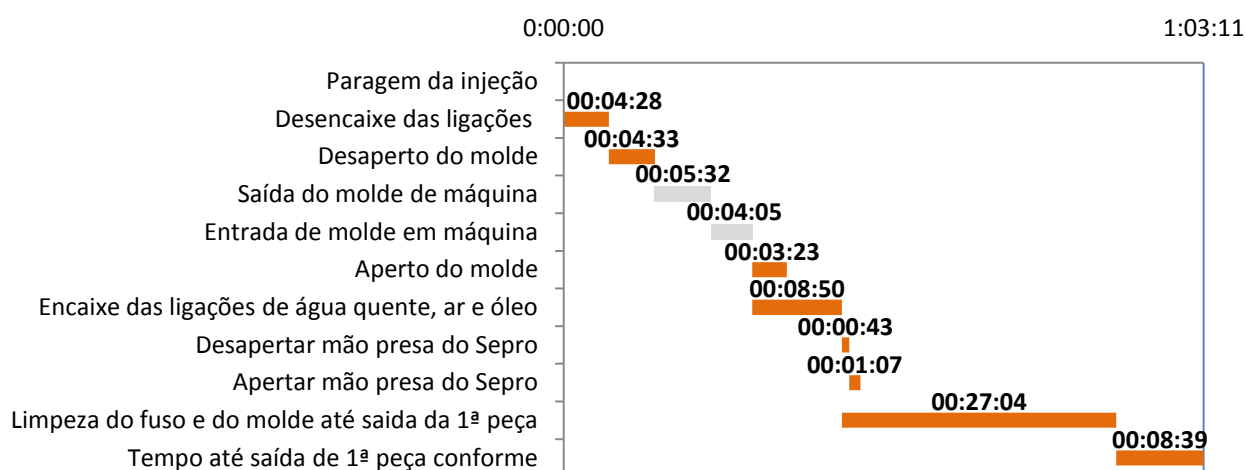


Figura 60 – Diagrama de Gantt com dados da troca do molde 7386 a 29 de janeiro de 2013

Embora todas as atividades de *setup* representadas na figura anterior sejam internas, as barras cinzentas representam atividades que podem ser desdobradas em operações internas e externas. Apenas a estufagem do material, atividade não representada no diagrama de Gantt, deve ser considerada de *setup* externo. Esta operação tem lugar junto do posto de trabalho (figura 61) e ocorre nas 4 horas que precedem a paragem da injeção anterior, com o objetivo de garantir que o material se encontra nas condições ótimas de produção.



Figura 61 – Estufagem do Material ABS PA no Posto da Máquina EN 700 I

Importa mencionar que o molde dispõe de entradas com diferenciação de cor para 3 ligações elétricas *Euromap* e orifícios para 4 grupos de ligações de água quente, 2 grupos de ligações de óleo e 1 de ligação de ar. Todas as outras ligações entre orifícios do molde já se encontravam chantadas à data da aquisição do molde, por requisição da SP. A localização das entradas e orifícios também foi estrategicamente definida para facilitar o acesso dos técnicos. Na figura 62 é possível verificar que os orifícios de óleo e de água estão chantados.

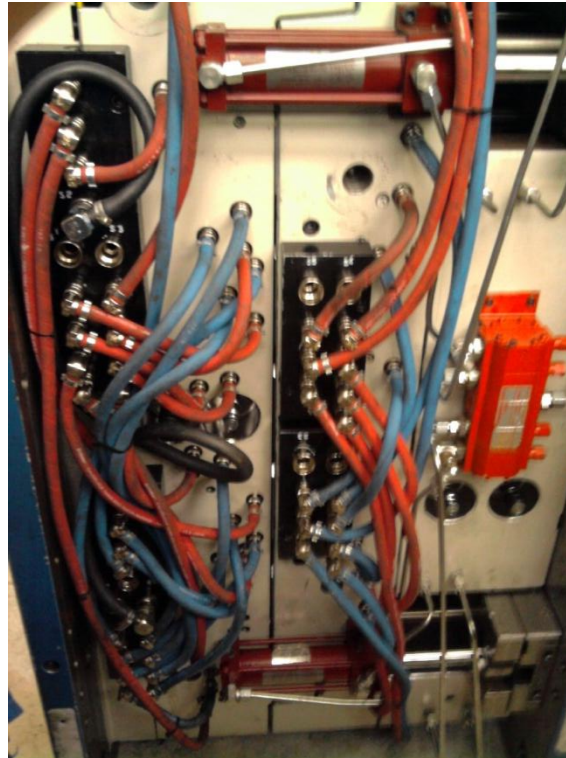


Figura 62 – Ligações de Água Quente e de Óleo Chantadas

Outro aspeto relevante tem a ver com o facto de o molde ter sido aquecido durante 27 minutos e 4 segundos, desde o momento em que se encaixaram todas as ligações até à saída da primeira peça, ilustrada na figura 63.



Figura 63 – Primeira Peça Injetada pela Máquina EN 700 I

Após a saída da primeira peça demorou-se 8 minutos e 39 segundos a afinar os canais de injeção e a eliminar sujidades e retenções de pigmento até se obter a primeira “peça conforme”.

Todas as tarefas do processo de preparação e de troca de moldes foram realizadas por equipas SMED, constituídas por dois técnicos cada.

O tempo de preparação e de troca de moldes foi de 1 hora, 3 minutos e 11 segundos.

3.5.2 Ações de Melhoria

Para a análise das atividades, a identificação de pontos críticos e a sugestão de melhorias foram consultadas as equipas técnicas SMED da SP, visto que são as pessoas que maior conhecimento possuem acerca do processo de preparação e de troca de moldes. O plano de ação definido consta da tabela 12.

Tabela 12 – Plano de Ação SMED

Ponto Crítico	Descrição	Objetivo	Ação
Desencaixe e encaixe das ligações	Dificuldade no desencaixe e encaixe das ligações aos orifícios do molde, devido à pressão exercida pela máquina	Facilitar a ligação das mangueiras aos orifícios.	Adicionar um botão de descompressão à máquina EN 700 I
Aperto e desaperto do molde	A existência de uma única pistola pneumática por equipa SMED faz com que não haja um aproveitamento eficaz dos recursos (técnicos)	Possibilidade dos técnicos trabalharem em paralelo no aperto e desaperto do molde, reduzindo o tempo da tarefa	Dotar as equipas SMED de uma segunda pistola pneumática para os técnicos trabalharem em paralelo
Saída e entrada do molde em máquina	Percurso percorrido com o molde até ao espaço de colocação de moldes	Dividir as tarefas em atividades internas e externas; Diminuir o tempo de <i>setup</i> interno	Dotar posto de trabalho de tapete em borracha junto à máquina de aquecimento dos moldes
Pré-aquecimento dos moldes	Incumprimento da exigência de 2 horas de pré-aquecimento do molde a 40 °C	Garantir a produção nas condições ideais; Reduzir o tempo de limpeza do molde	
Limpeza de fuso e molde	Existência de apenas duas tremonhas na misturadora para o material base (ABS PA) e para o corante, obrigando à limpeza da primeira para utilização do material de limpeza do fuso (PP de extrusão).	Melhor organização e limpeza do posto; Diminuição do risco de contaminação do molde com material impróprio; Aumento da segurança no trabalho, evitando que os técnicos necessitem de subir à máquina para trocar a matéria-prima; Redução de desperdício de material; Redução do tempo de troca mudança de material/cor	Dotar a máquina de injeção EN 700 I de terceira tremonha para material de limpeza; Tremonhas com dimensões adequadas e em acrílico
Limpeza do molde	Molde crítico (configuração interna) com grande retenção de pigmento	Evitar que o material com pigmento solidifique dentro do molde, dificultando a sua posterior remoção	Passar material base no molde no final de cada produção

Após o planeamento das ações com vista à redução da duração e à melhoria do processo de troca de moldes passou-se à fase de implementação.

Na figura 64 pode verificar-se que foi instalado um botão de descompressão na máquina de injeção EN 900 V, o que facilita a tarefa de encaixar e de desencaixar as mangueiras nos orifícios próprios.

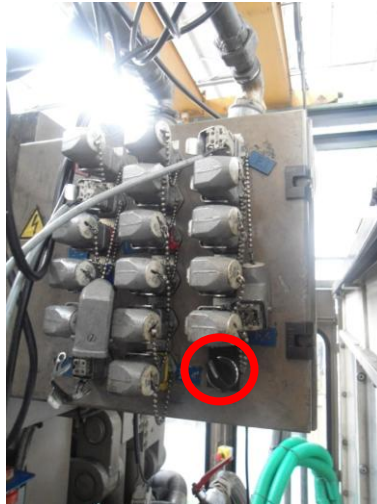


Figura 64 – Botão de Descompressão do Equipamento

Na figura 65 é possível ver os técnicos SMED durante a operação de aperto/desaperto de um molde. Com duas pistolas pneumáticas, os dois técnicos executam esta operação em simultâneo, em cada um dos lados do molde, o que permite um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e a redução do tempo associado a esta tarefa.



Figura 65 – Operação de Aperto de Molde

Outro ponto crítico diz respeito à atividade de saída e de entrada dos moldes em máquina. Inicialmente, os moldes eram transportados por uma grua até a uma área de arrumação do módulo 1, representada na figura 66. Para além do tempo que a grua demorava a percorrer cerca de 60 metros (ida e volta), era ainda necessário colocar o molde num sítio que estivesse disponível, o que tornava o processo moroso. Propôs-se então a colocação de tapetes de borracha junto às máquinas de injeção, como demonstra a figura 67. Com esta ação é possível diminuir o percurso percorrido pelos moldes para 10 metros (ver figura 66) e realizar a tarefa de pré-aquecimento dos mesmos. A colocação dos moldes na área de arrumação passaria a ser realizada posteriormente, já com a máquina em funcionamento. Na prática dividia-se a tarefa em duas, uma interna e outra externa.

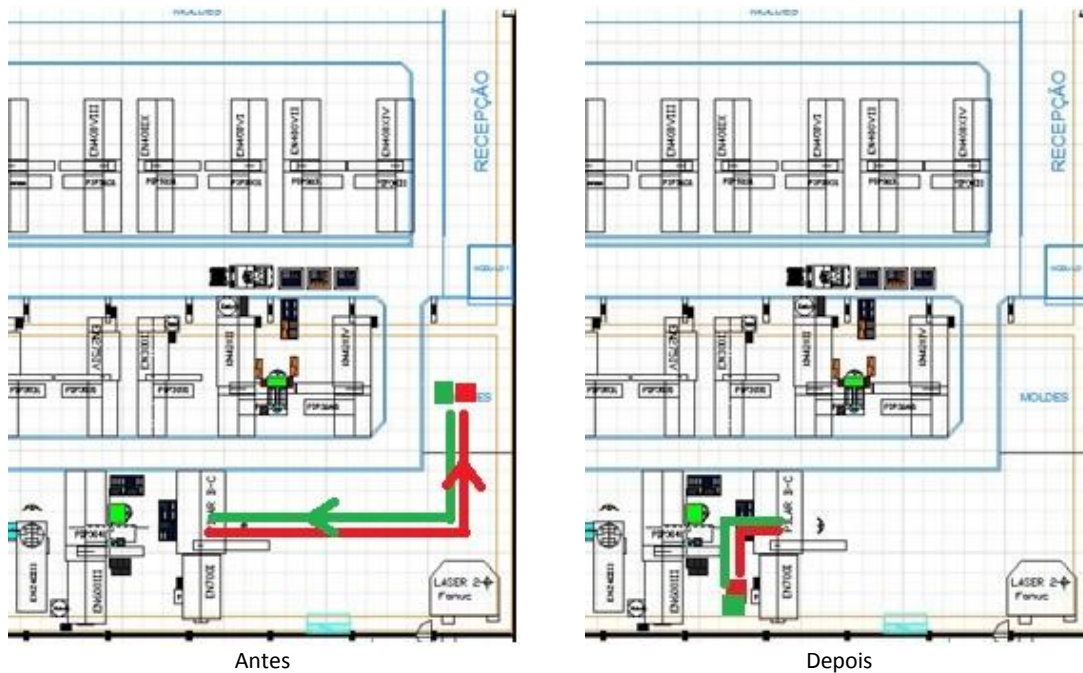


Figura 66 - Percurso Percorrido pelos Moldes Durante a Troca



Área de arrumação



Tapete de borracha junto à máquina de pré-aquecimento

Figura 67 – Deposição de Molde com Recurso à Grua

Outro ponto crítico identificado na tabela 12 diz respeito à tarefa de limpeza do fuso da máquina de injeção e do molde. Na figura 68 é possível ver um técnico SMED a fazer a limpeza de uma tremonha da máquina EN 700 I para, de seguida, adicionar o material PP de extrusão. A figura 69 representa um esboço do sistema com três tremonhas proposto no plano de ação. Importa referir que cada molde é concebido para um material específico pelo que há o risco de contaminação caso entre em contacto com o PP de extrusão.



Misturador de duas tremonhas



Situação de potencial risco de segurança

Figura 68 – Limpeza de Fuso e Molde

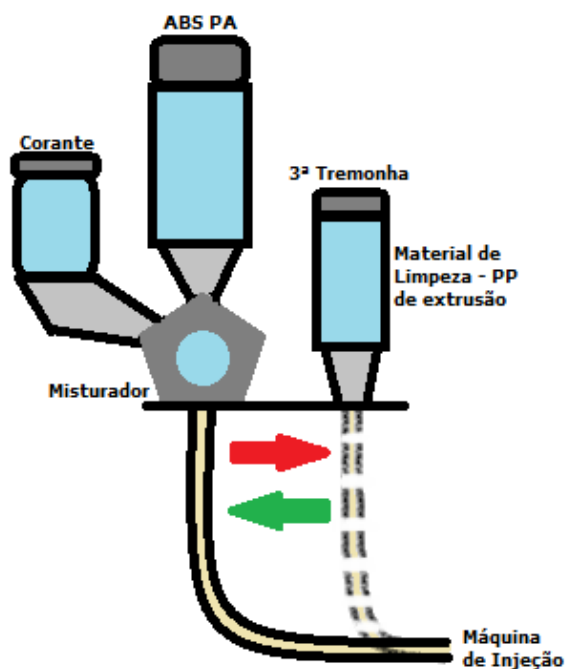


Figura 69 – Proposta de Estrutura com Três Tremonhas

3.5.3 Resultados Obtidos

A última observação da troca do molde com a referência 7386 ocorreu a 14 de março. À data haviam sido implementadas 3 ações propostas, relativas à saída e à entrada de molde em máquina, ao pré-aquecimento e à limpeza dos moldes. Os valores obtidos para a duração de cada etapa estão representados no diagrama de Gantt da figura 70.

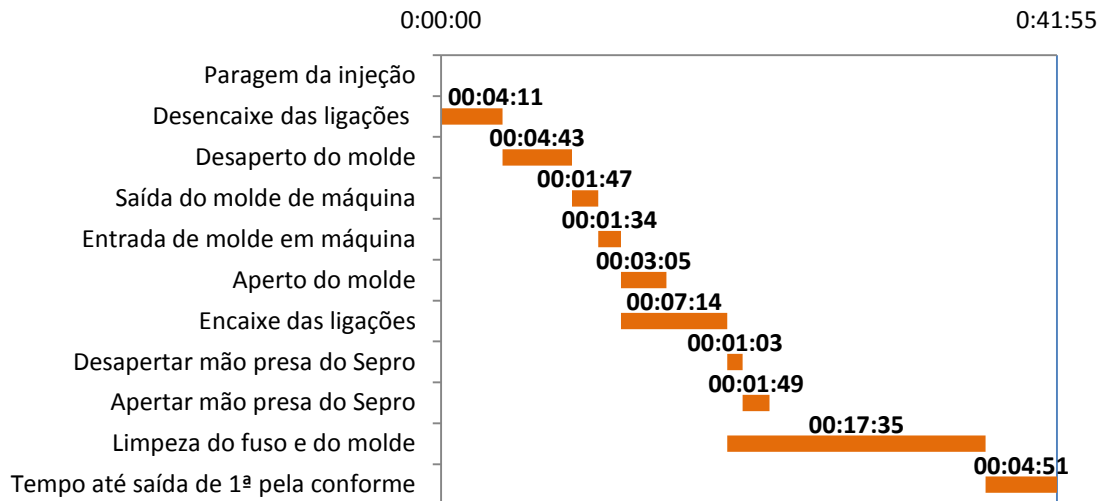


Figura 70 - Diagrama de Gantt com Dados da Troca do Molde 7386 a 14 de Março de 2013

Registou-se um tempo de SMED de 41 minutos e 55 segundos, o que representa uma redução do tempo de 33,65 % face ao valor inicial. Deve ter-se em conta que passaram 44 dias desde a análise inicial pelo que estes resultados refletem, para além das ações implementadas, a maior experiência dos técnicos na preparação e na montagem do molde. Refira-se ainda que a determinação dos valores a atribuir a cada atividade está condicionada por vários fatores, nomeadamente as condições ambientais verificadas e o grau de desempenho dos técnicos que as realizam. Ou seja, estes tempos estão sujeitos a alguma variabilidade fruto deste tipo de circunstâncias.

3.5.4 Implicações no *Stock* de Produto Intermédio

No que diz respeito à quantidade de *stock* de produto intermédio em armazém, importa compreender alguns conceitos e o procedimento da empresa.

O *stock* de segurança é a quantidade mínima de material necessária para evitar problemas devidos ao aumento súbito da procura ou a falhas no fornecimento. Segundo Pinto (2006) tem influência no nível de serviço prestado ao cliente e na proteção da empresa contra penalizações em consequência de roturas de *stock*. Para o projeto Porsche, e até ao fim do estágio, ainda não tinha sido estabelecido um *stock* de segurança entre a SP e o cliente.

O lote económico representa o tamanho do *stock* definido a partir de critérios específicos. A relevância do conceito para este estudo deve-se ao facto do tempo final de troca de molde

difícilmente ser reduzido a poucos segundos, o que acontece em algumas empresas concorrentes. Esta situação prende-se com a configuração física das máquinas de injeção da SP, que impossibilita a entrada lateral dos moldes em máquina com recurso a estruturas de suporte rolantes. Esta hipótese não foi considerada neste projeto pelos gastos significativos que acarretaria à empresa numa fase de menor investimento, dado que obrigava à substituição de 5 das 43 máquinas de injeção existentes na fábrica. Para a SP, o critério de determinação do lote económico é o rendimento global (OEE) mínimo de 90%. Isto significa que o tamanho do lote é diretamente proporcional à duração do processo de troca de molde. A redução dos tempos de mudança faz com que se reduza o tempo de produção necessário, aumentando a flexibilidade da produção sem alterar o valor do rendimento operacional.

A tabela 13 permite comparar os tempos da peça *Traegerteil* em *stock*, no início da análise do processo e após a implementação de melhorias SMED.

Tabela 13 – Dados de *Stock* Intermédio

Data	Antes da implementação de ações de melhoria	Depois da implementação de ações de melhoria
Tempo de troca de molde (minutos)	63,18	41,92
Número de trocas de cor	6	
Tempo médio de troca de cor (minutos)	30	25
Tempo improdutivo (minutos)	243,18	191,92
Tempo mínimo de injeção (segundos)	2188,62	1727,28
Tempo de ciclo de injeção (segundos)	65	69
Lote económico (nº peças)	2021	1502
Necessidade diária de peças	75	75
Tempo máximo de peça em <i>Stock</i> (dias)	27	20

Na tabela 13 as células sombreadas contêm valores observados e fornecidos pelo departamento de produção, ao passo que os restantes valores constantes da tabela resultam da aplicação das seguintes fórmulas:

- $Tempo\ Improdutivo = Tempo\ Troca\ Molde + (Tempo\ Troca\ de\ Cor \times N^{\circ}\ Trocas\ Cor)$
- $Tempo\ Mínimo\ de\ Injeção = Tempo\ Improdutivo \times \frac{Rendimento\ Global\ SP}{(1 - Rendimento\ Global\ SP)}$
- $Lote\ Económico = \frac{Tempo\ Mínimo\ de\ Injeção}{Tempo\ de\ Ciclo\ (min)}$
- $Tempo\ Máximo\ de\ Peça\ em\ Stock = \frac{Lote\ Económico}{Necessidade\ diária\ de\ peças}$

Na realidade, como em ambos os casos estudados (antes e depois da implementação de ações de melhoria), as últimas 75 peças são produzidas no segundo dia de injeção, e como o critério utilizado no armazenamento de produto inacabado é o FIFO (ou seja, a primeira embalagem a ser armazenada é a primeira a sair do armazém), o tempo máximo de peças em *stock* antes e depois da implementação de melhorias é de 26 e de 19 dias, respetivamente.

Com a aplicação da ferramenta SMED à troca de moldes na máquina EN 700 I conseguiu-se reduzir o tempo médio em *stock* de produto inacabado de 13 para 9,5 dias (como acabou de ser visto o critério utilizado em armazém é o FIFO), o que equivale à libertação de 6,5 m² de área no armazém de produto inacabado.

Após a passagem de todo o processo para o posto da máquina EN 700 I, como proposto no ponto 3.2.4, será possível eliminar o *stock* de produto inacabado. Neste caso, e seguindo a mesma metodologia de cálculo que foi usada anteriormente, conclui-se que será possível chegar a um tempo médio em *stock* de produto final de 4 dias e a um tempo de ciclo de injeção de 162 minutos.

3.6 Eficiência Global - OEE

Com o objetivo de monitorizar os processos produtivos e registar a evolução temporal e a curva de aprendizagem do projeto, foi criado um ficheiro (em Excel) para o registo das observações diárias e cálculo do rendimento global no módulo de montagem, com base no indicador OEE.

A informação sobre a produção de cada turno era registada pelos operadores nos quadros situados junto dos postos de trabalho. Entre outros dados, eram assinaladas as quantidades de peças objetivo, de produção real e de peças rejeitadas por hora, bem como a informação sobre o tipo de problema que levava à rejeição de peças ou sobre as paragens verificadas na produção.

No final do turno era feito um levantamento e registo diário dos dados no ficheiro que automaticamente indicava a percentagem de eficiência relacionada com aspetos de disponibilidade, de desempenho e de qualidade, e ainda a eficiência global associada a cada processo produtivo. A figura 71 apresenta o ficheiro criado e utilizado no cálculo do indicador de desempenho dos processos.

SIMOLDES PLÁSTICOS		Monitorização da Eficiência Global OEE												
Projeto Porsche Cayman (SP 020/10)		Módulo de Montagem												
Peça	Módulo		Tempo de abertura (min)	Paragens programadas (min)	Paragens não programadas (min)	Tempo de Ciclo técnico (seg)	Qtd. peças produzidas	Qtd. peças rejeitadas	Tempo disponível (min)	Tempo de Ciclo real (min)	Disponibilidade	Performance	Qualidade	OEE
	7366	Verk. Motorraum Hinten				142			0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	7370	Verk. Motorraum Seitlich	480	50		37	124		430	208	100%	18%	100%	18%
	7371	Träger Verkleidung	480	50		73	150		430	172	100%	42%	100%	42%
	7373	A-Säule Oben	480	50		65	203	4	430	127	100%	51%	98%	50%
	7374	C-Säule Oben	315	40		128	84		275	196	100%	65%	100%	65%
	7375	Verk. Motorraum	120	10		75	47		110	140	100%	53%	100%	53%
	7381	Montagegraben	480	50		41			430	#DIV/0!	100%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	7382	Schlossverkleidung	225	40		137			185	#DIV/0!	100%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	7386	Verk. Motorraum Hinten	480	50		132	100	4	430	258	100%	51%	96%	49%
	NA	ZAMagistrich				85			0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Figura 71 – Folha de Cálculo do Rendimento Global do Projeto Porsche no Módulo de Montagem

Os resultados obtidos entre fevereiro e abril relativos ao processo produtivo da peça *Verk. Motorraum Hinten* constam do gráfico seguinte. Para efeitos de comparação representam-se, no mesmo gráfico, os resultados referentes a um outro processo produtivo do projeto Porsche significativamente mais simples, o da peça *C-Säule Oben*.

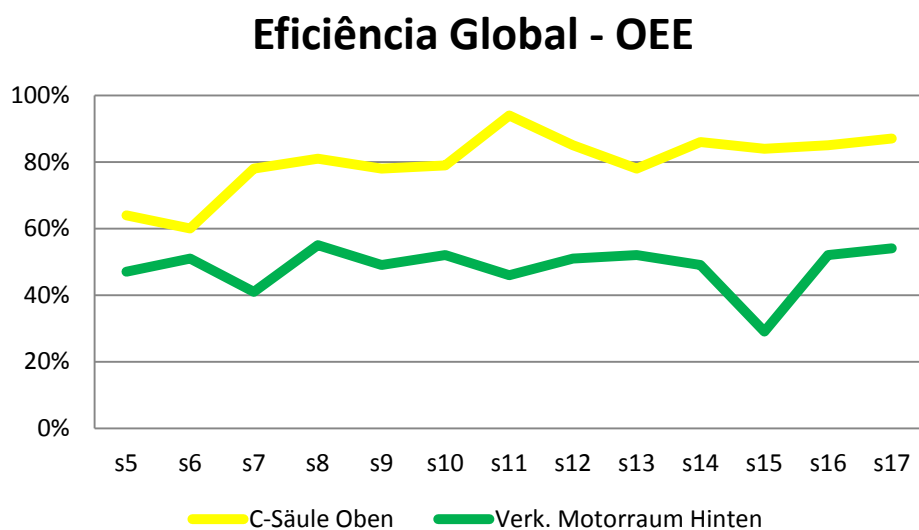


Figura 72 – Evolução Temporal de Dois Processos Produtivos Através do Indicador OEE

Este gráfico ilustra cabalmente as dificuldades inerentes ao processo produtivo da peça *Verk. Motorraum Hinten*, bem superiores às que marcaram a maioria dos outros processos. Como o gráfico indica, os valores de eficiência global desta peça mantiveram-se próximos de 50%, registrando apenas um aumento de 7 pontos percentuais, apesar da implementação de várias ações de melhoria durante todo o período. Pelo contrário, os valores obtidos para a peça *C-Säule Oben* demonstram uma evolução positiva de 23 pontos percentuais, tendendo para valores de eficiência global da ordem dos 85%.

A justificação para a obtenção de tais resultados prende-se, fundamentalmente, com aspetos de desempenho e de qualidade. O facto de o plano de ação elaborado na análise do processo não ter sido implementado na sua totalidade é um dos fatores que condicionou o desempenho deste processo produtivo. A alteração constante do número de operadores e o consequente incumprimento do balanceamento proposto, bem como as exigências dos clientes referentes a novos retrabalhos, são os principais motivos para o baixo desempenho registado. Por outro lado, os problemas de qualidade verificados ao longo do período em que decorreu o estágio, nomeadamente os que foram referidos em alguns pontos críticos da análise do processo, bem como os problemas detetados nos componentes *Huelle* fornecidos, refletem-se igualmente nos resultados finais alcançados.

Em síntese, pode-se afirmar que os valores obtidos reforçam, por um lado, a necessidade de uma contínua monitorização do processo e, por outro, a importância da implementação das restantes ações de melhoria propostas para que o nível de eficiência dos processos atinja os valores desejados pela empresa.

4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO

O atual clima de instabilidade económica e financeira por que passa o país e que afeta diretamente as empresas portuguesas torna mais premente a necessidade de se adaptarem às novas tendências e métodos de gestão da produção para melhorarem o seu desempenho, com vista a adquirirem vantagens competitivas e a garantirem a sustentabilidade do seu negócio. O sistema de gestão *Lean Manufacturing* e a cultura da Melhoria Contínua surgem, neste sentido, como pontos fundamentais a ter presente na prossecução destes objetivos.

No caso particular descrito neste relatório, a aplicação de metodologias *Lean Manufacturing*, num regime de melhoria contínua, revelou-se crucial para o aumento da produtividade e para a melhoria da qualidade do processo produtivo do projeto da Porsche.

Importa referir que a peça escolhida para análise foi o *Verkl. Motorraum Hinten*, por se tratar da mais representativa do projeto Porsche devido ao maior grau de complexidade na sua produção e ao elevado custo de fabrico que lhe está associado. No caso das restantes peças verifica-se que as melhorias se revelaram mais fáceis de implementar, embora não tenham sido avaliados, em tempo útil, os seus resultados. Para todos os efeitos, tem-se a noção de que para estas peças se conseguiram atingir melhores resultados.

A metodologia de Mapeamento da Cadeia de Valor aplicada parcialmente na análise do processo produtivo revelou-se essencial na identificação de desperdícios e problemas associados ao projeto, na projeção de um estado futuro objetivo e na elaboração de um plano de ações que contemplasse a eliminação dos pontos críticos. Efetivamente, foi possível diminuir o tempo de ciclo do processo de montagem de 370 segundos para 140 segundos com a implementação de parte do plano de ação proposto, o que leva a admitir que será possível atingir os 132 segundos, passando simultaneamente de três para dois operadores, assim que forem implementadas as restantes ações propostas. Esta metodologia de análise foi importante na criação de um sistema produtivo funcional e de elevada qualidade, bem como na avaliação dos benefícios financeiros esperados, constituindo-se como uma peça chave no processo de decisão sobre o estado futuro do processo produtivo a atingir.

A aplicação de ações relacionadas com a ferramenta 5S garantiu uma adequada organização e standardização dos processos produtivos, e ainda a melhoria da gestão visual, aspetos fundamentais na fase inicial dos projetos de produção de peças para a indústria automóvel. Foram ainda reduzidos vários desperdícios relacionados com atividades que não acrescentavam valor aos produtos, como o transporte de materiais, os movimentos dos operadores ou os tempos de espera.

A correção de erros e anomalias que potenciavam a rejeição parcial da produção e aumentavam os custos associados aos processos produtivos foi conseguida através da aplicação de práticas de Manutenção Total Produtiva. Em muitas situações conjugou-se a utilização desta ferramenta com a ferramenta 5S, como no caso da organização e da pintura das áreas destinadas aos postos de montagem do projeto.

A implementação da metodologia SMED à troca de moldes de injeção foi crucial para se ter conseguido ganhos de tempo muito significativos na execução desta atividade. Apesar de somente terem sido implementadas metade das ações propostas em tempo útil, a redução conseguida, na ordem dos 33 %, garantiu um aumento da flexibilidade produtiva, que, por sua vez, se traduziu na diminuição do *stock* de produto inacabado e na redução do custo associado ao seu armazenamento. Em conjunto com as ações de melhoria propostas na análise do processo produtivo, foi possível reduzir o *lead time* do produto assegurando, consequentemente, a prestação de um serviço ao cliente de maior valor e qualidade.

Os resultados do indicador OEE obtidos demonstraram uma evolução favorável dos processos produtivos com variações de 7 e de 23 pontos percentuais, o que é considerável, tendo em conta a fase ainda inicial do projeto, durante o período do estágio na Simoldes Plásticos, e que, como tal, tem de ser vista como uma fase de aprendizagem. Os valores obtidos para a peça analisada refletem precisamente esta situação marcada por muitas alterações que tiveram de ser introduzidas ao longo deste período. É importante recordar que durante estes primeiros meses de produção a equipa de projeto e o cliente tiveram intervenções frequentes no projeto Porsche e, à data de termo do estágio, ainda não tinham sido homologados os produtos, os processos e os equipamentos pela Simoldes Plásticos. Tratou-se de uma fase em que se verificaram modificações significativas nos materiais, nos processos produtivos (através da implementação de retrabalhos) e na estrutura das peças, o que dificultou bastante a estabilização dos processos. No entanto, ficou comprovada a utilidade do indicador OEE na implementação da filosofia *Lean* na produção, dado ter tornado claro que existe uma grande margem de progressão até se alcançar um sistema produtivo que se possa considerar altamente eficiente. A monitorização da eficiência global do processo produtivo permite que se conheça permanentemente a sua evolução e pressiona toda a equipa para a procura contínua de uma maior desempenho produtivo.

Com este estudo ficou demonstrado que as ferramentas aplicadas estão fortemente relacionadas e que há vantagem na sua utilização conjunta pelos melhores resultados que proporciona. De igual forma constatou-se que a aplicação destas metodologias em regime de melhoria contínua garantiu o foco constante nos objetivos propostos, mesmo após se terem alcançado os primeiros resultados positivos, à medida que se foram implementando as ações de melhoria propostas.

A formação de grupos de trabalho e o envolvimento de todos os intervenientes nos processos produtivos foi essencial para se conseguir a necessária “mudança de mentalidades”, fazendo com que todos se sentissem valorizados e adotassem uma postura bastante proativa. É de realçar que esta questão é um dos fatores críticos de sucesso, apesar de nem sempre merecer a devida atenção. Reconhece-se, no entanto e cada vez mais, que é muito pela via do aproveitamento cabal do “potencial humano” existente nas organizações que se atingem patamares de competitividade elevados e sustentáveis.

Para finalizar, com este estudo é possível concluir que os objetivos propostos, relacionados com o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do processo produtivo, foram conseguidos através da aplicação de metodologias *Lean Manufacturing* e da adoção de uma cultura de Melhoria Contínua.

Quanto a sugestões de trabalho futuro, seria importante implementar na íntegra as ações constituintes dos dois planos de ações de melhoria propostos, visto ser expectável que o seu impacto venha a ser bastante significativo para todo o projeto. A aplicação integral da ferramenta VSM seria interessante na medida em que permitiria analisar toda a cadeia de valor e garantir a otimização não só do processo produtivo, mas de toda a envolvente do projeto Porsche. Justificar-se-ia, igualmente, acompanhar a evolução do OEE numa fase mais estável do projeto e ir estabelecendo comparações com os valores obtidos inicialmente. Por fim, sugere-se a aplicação da mesma metodologia de análise aos processos produtivos referentes às restantes peças do projeto.

5 REFERÊNCIAS

- Freidvals, Andris e Niebel, Benjamin W., 2009. *Niebel's Methods, Standards and Work Designs*, 12th Edition. McGraw-Hill.
- Hansen, C. Robert, 2002. *Overall Equipment Effectiveness. A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits*. Industrial Press Inc, New York.
- Imai, M., 1994. *Kaizen – A Estratégia para o Sucesso Competitivo*, 5ª Edição. Instituto IMAM, São Paulo.
- Imai, M., 1997. *Gemba Kaizen – Estratégias e Técnicas do Kaizen no Piso de Fábrica*. Instituto IMAM, São Paulo.
- Jones, D. e Womack, J., 2002. *Seeing the Whole. Mapping the Extended Value Stream*, 1st Edition. Lean Enterprise Institute, Inc, MA USA.
- Khamba, J. e Ahuja, I., 2008. *Total productive maintenance: literature review and directions*. Emerald, 25(7): 710-746 pp.;
- Liker, J.K., 2004. *The Toyota Way - 14 Management Principles of the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Meyers, Fred E. e Stewart, James R., 2002. *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*, 3th Edition. Upper Saddle River (NJ) : Prentice Hall.
- Ohno, T., 1988. *The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production*. Productivity Press.
- Pinto, J., 2006. *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. LIDEL Edições Técnicas, Lda.
- Pinto, J., 2009. *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. LIDEL Edições Técnicas, Lda.
- Rother, M. e Shook, J., 2003. *Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute, Inc, MA USA.
- Shingo, S., 1985. *A Revolution in Manufacturing: the SMED System*. Productivity Press.
- Shingo, S., 1986. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System*. Productivity Press, Portland, OR.
- Stevenson, William J., 2005. *Operations Management*, 8th Edition. McGraw-Hill.
- Tavares, M., 2012. *Implementação do TPM na Simoldes Plásticos*. Universidade de Aveiro, Aveiro, 15 pp.;
- Weigel, L. Annalisa, 2000. *A Book Review: Lean Thinking by Womack and Jones*. Trabalho elaborado no âmbito de um seminário em Engenharia de Sistemas no Massachusetts Institute of Technology.

Womack, J.P. e Jones, D.T., 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press, New York;

Womack, J.P., Jones, D.T., e Roos D., 1990. *The Machine that Changed the World*. Rawson Associates, New York.

Simoldes Plásticos, 2013. Documento Interno. Simoldes Plásticos.

Sites Consultados

<http://www.lean.org/whatslean/principles.cfm> (Consultado em 05-03-2013)

<http://www.leanproduction.com/oe.html> (Consultado em 15-01-2013)

<http://ygraph.com/chart/3087> (Consultado em 15-01-2013)

http://www.gembapantarei.com/2008/12/pdca_is_about_not_telling_lies.html (Consultado em 15-01-2013)

<http://www.plant-maintenance.com/> (Consultado em 05-03-2013)

<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/> (Consultado em 25-02-2013)

<http://www.vensis.ltd.uk/knowledgebase/changeoversSmed.shtml> (Consultado em 29-04-2013)

<http://www.porsche.com> (Consultado em 15-01-2013)

<http://www.gembapantarei.com> (Consultado em 15-01-2013)

http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-ROORKEE/INDUSTRIAL-ENGINEERING/part1/table9_1.htm (Consultado em 15-01-2013)

6 ANEXOS

Anexo A

Tabela 14 - Valores de compensação recomendados pela ILO

Fonte: <http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-ROORKEE>

A. Constant allowances:	
1. Personal allowance	5
2. Basic fatigue allowance	4
B. Variable allowances:	
1. Standing allowance	2
2. Abnormal position allowance:	
a. Slightly awkward	0
b. Awkward (bending)	2
c. Very awkward (lying, stretching)	7
3. Use of force, or muscular energy (lifting, pulling, or pushing):	
Weight lifted, pounds:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Bad light:	
a. Slightly below recommended	0
b. Well below	2
c. Quite inadequate	5
5. Atmospheric conditions (heat and humidity)- variable	0-100
6. Close attention:	
a. Fairly fine work	0
b. Fine or exacting	2
c. Very fine or very exacting	5
7. Noise level:	
a. Continuous	0
b. Intermittent - loud	2
c. Intermittent - very loud	5
d. High-pitched - loud	5
8. Mental strain:	
a. Fairly complex process	1
b. Complex or wide span of attention	4
c. Very complex	8
9. Monotony:	
a. Low	0
b. Medium	1
c. High	4
10. Tediousness:	
a. Rather tedious	0
b. Tedious	2

Anexo B.1

Tabela 15 - Valores Observados no Posto da máquina EN 700 I (Completo)

Estado Inicial - Processo Verk. Motorraum																													
Tarefa	Descrição	Observações (Seg)																			Média (s)	Desvio Pad. (s)	Precisão	Z	Dimensão da Amostra (calculada)	Dimensão Real da Amostra	Situação	Tempo Normal	Tempo Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19									
1	Pegar Traegerteil e analisar	6	5	5	6	6	4	6	6	6	7	5	5	6	5	6					6	0,74	10,00%	1,96	6,7	15	Ok	4	5
2	Colocar etiqueta de operador	3	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	2	3	4	3					3	0,56	10,00%	1,96	11,8	15	Ok	3	3
3	Ensacar Traegerteil	11	10	9	9	6	10	9	9	7	8	9	8	8	10	9					9	1,26	10,00%	1,96	7,9	15	Ok	7	8
4	Embalar Traegerteil	8	5	6	6	7	6	7	8	8	7	11	7	8	5	5	6	7	6		7	1,47	10,00%	1,96	17,7	18	Ok	5	6
5	Colocar rótulo na embalagem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1					15	Ok	1	1
Total		29	24	25	25	23	25	26	28	25	26	29	23	26	25	24					25							20	22

Anexo B.2

Tabela 16 - Valores Observados no Posto 10 do Módulo de Montagem (Completo)

Estado Inicial - Processo Verk. Motorraum																																									
Tarefa	Descrição	Operador			Observações (Seg)																												Média (s)	Desvio Pad. (s)	Precisão	Z	Dimensão da Amostra (cálculada)	Dimensão Real da Amostra	Situação	Tempo Normal	Tempo Padrão
		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28									
1	Pegar no Traegerteil	X			2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2														2	0,35	10,00%	1,96	13,7	15	Ok	1	2
2	Retirar Traegerteil do saco	X			6	5	3	4	4	3	3	3	3	3	4	6	3	4	4	5	3	5	4	4	3	5	4	3				4	0,97	10,00%	1,96	23,8	24	Ok	3	3	
3	Verificar qualidade do Traegerteil	X			8	10	13	9	8	7	10	8	7	6	6	7	5	6	9	6	11	10	6	6	10	9	12	9	8				8	2,09	10,00%	1,96	24,6	25	Ok	7	7
4	Colocar 6 Profile	X			31	31	47	28	27	30	29	24	26	27	39	38	29	32	32														31	5,94	10,00%	1,96	13,8	15	Ok	25	27
5	Colocar 4 Clamp	X			14	14	14	13	13	13	14	14	17	18	21	13	10	17	14														15	2,64	10,00%	1,96	12,6	15	Ok	12	12
6	Colocar 4 Rubber Spacer	X			19	11	16	15	18	13	18	15	17	14	16	18	16	14	15														16	2,16	10,00%	1,96	7,3	15	Ok	13	13
7	Inserir Cola no Grommet	X			8	10	11	11	10	11	12	7	12	7	9	9	6	9	7	8	9												9	1,85	10,00%	1,96	15,5	17	Ok	7	8
8	Colocar Grommet	X			2	2	2	3	2	3	2	2		2	2	3	3	2	2	2													2	0,46	10,00%	1,96	15,7	16	Ok	2	2
9	Virar Traegerteil e colar as 8 fitas bi-adesivas	X			75	83	85	82	80	86	76	77	65	68	87	89	89	82	93														81	7,83	10,00%	1,96	3,6	15	Ok	65	69
10	Retirar películas das fitas bi-adesivas	X			18	21	26	26	27	32	24	14	20	22	23	21	24	23	16	24													23	4,38	10,00%	1,96	14,5	16	Ok	18	19
11	Colocar Traegerteil no aquecedor	X			2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2												2	0,49	10,00%	1,96	16,8	17	Ok	2	2
12	Pegar no Huelle		X		2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2													2	0,41	10,00%	1,96	13,6	15	Ok	2	2
13	Retirar película do Huelle		X		6	6	8	5	8	7	7	3	7	4	3	4	6	7	5	5	5	6	5	6	4	5	5	6					6	1,38	10,00%	1,96	23,9	24	Ok	4	5
14	Verificar qualidade do Huelle		X		36	13	28	23	26	30	17	21	23	19	27	22	20	23	20	21	19	23	27	18									23	5,15	10,00%	1,96	19,6	20	Ok	18	20
15	Colocar 7 EPDM		X		130	123	134	120	135	118	105	114	135	120	121	124	118	125	109														122	8,96	10,00%	1,96	2,1	15	Ok	98	104
16	Recalcar EPDM por trás		X		20	26	29	35	38	21	16	20	18	25	18	18	22	28	21	28	28	20	16	18	17	17	26	31	16	17	22	17	22	6,04	10,00%	1,96	27,9	28	Ok	18	19
17	Cortar patilhas do Huelle		X		20	16	14	19	17	16	13	19	17	15	15	13	14	17	15														16	2,17	10,00%	1,96	7,1	15	Ok	13	14
18	Passar óleo na zona lateral do Huelle		X		30	20	10	23	17	16	19	25	27	27	32	31	23	26	33	22	19	21	22	22	13	19	21	18	21	23			22	5,58	10,00%	1,96	24,0	26	Ok	18	19
19	Encaixar o Huelle no Traegerteil		X	X	44	33	37	45	28	34	45	51	48	51	41	44	54	57	59	37													44	8,92	10,00%	1,96	15,6	16	Ok	35	38
20	Colocar silicone em 14 patilhas			X	35	74	38	42	47	56	48	48	57	54	42	45	45	49	53														49	9,38	10,00%	1,96	14,2	15	Ok	39	42
21	Dobrar patilhas		X		115	111	72	125	128	110	102	97	102	123	95	121	120	119	116														110	14,75	10,00%	1,96	6,9	15	Ok	88	95
22	Cortar 22 feltros		X		56	44	38	37	35	38	51	43	35	49	42	46	39	50	42														43	6,32	10,00%	1,96	8,3	15	Ok	34	37
23	Colocar 22 feltros sobre as patilhas dobradas		X		132	118	103	94	97	93	102	81	96	89	108	96	106	103	86														100	12,74	10,00%	1,96	6,2	15	Ok	80	86
24	Cortar insono		X		15	13	15	15	16	14	14	15	15	15	12	16	14	15	16														15	1,11	10,00%	1,96	2,2	15	Ok	12	13
25	Colocar insono no Verk. Motorraum		X		21	28	19	27	25	22	24	23	20	28	22	27	22	27	27														24	3,07	10,00%	1,96	6,2	15	Ok	19	21
26	Colocar etiquetas de operador e do projeto		X		15	15	16	10	14	12	13	12	10	12	10	11	12	10	14														12	2,03	10,00%	1,96	10,3	15	Ok	10	11
27	Passar álcool para retirar manchas		X		16	24	15	12	14	15	13	17	13	19	25	18	13	16	18	17	20	16											17	3,59	10,00%	1,96	17,7	18	Ok	13	14
28	Ensacar Verk. Motorraum		X		8	9	7	6	6	9	10	8	6	7	10	6	12	6	8	8	7	9	6										8	1,72	10,00%	1,96	18,7	19	Ok	6	7
29	Embalar Verk. Motorraum		X		6	6	5	6	6	6	5	6	7	6	5	7	6	6	7														6	0,65	10,00%	1,96	4,6	15	Ok	5	5
30	Colocar rótulo na embalagem			X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														1					15	Ok	1	1
Total		165	221	368	893	873	812	843	854	823	800	774	811	837	843	861	838	879	848														836							669	716

Anexo C.1

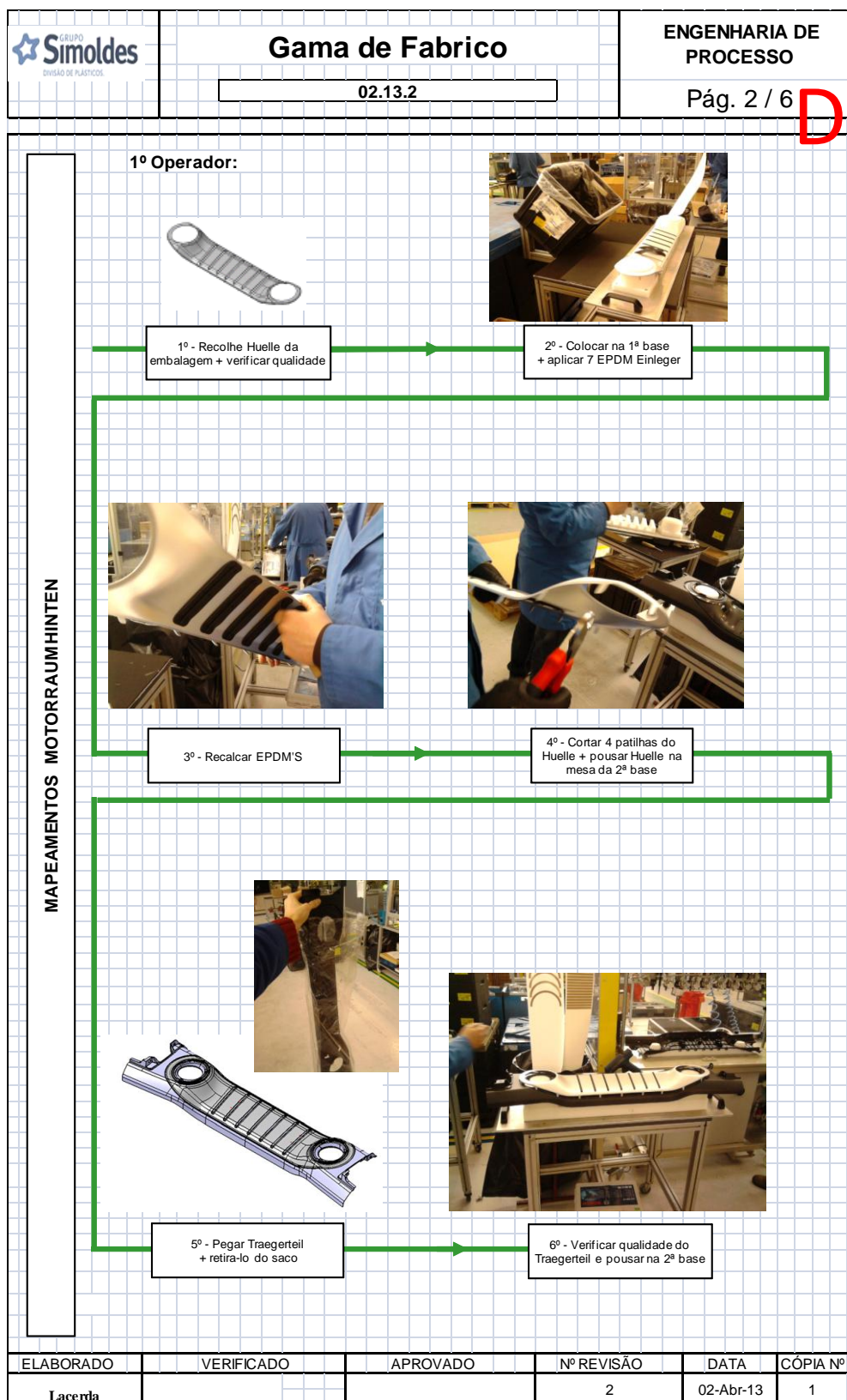


Figura 73 – Gama de Fabrico da Peça Verkl. Motorraum Hinten (1)

Anexo C.2

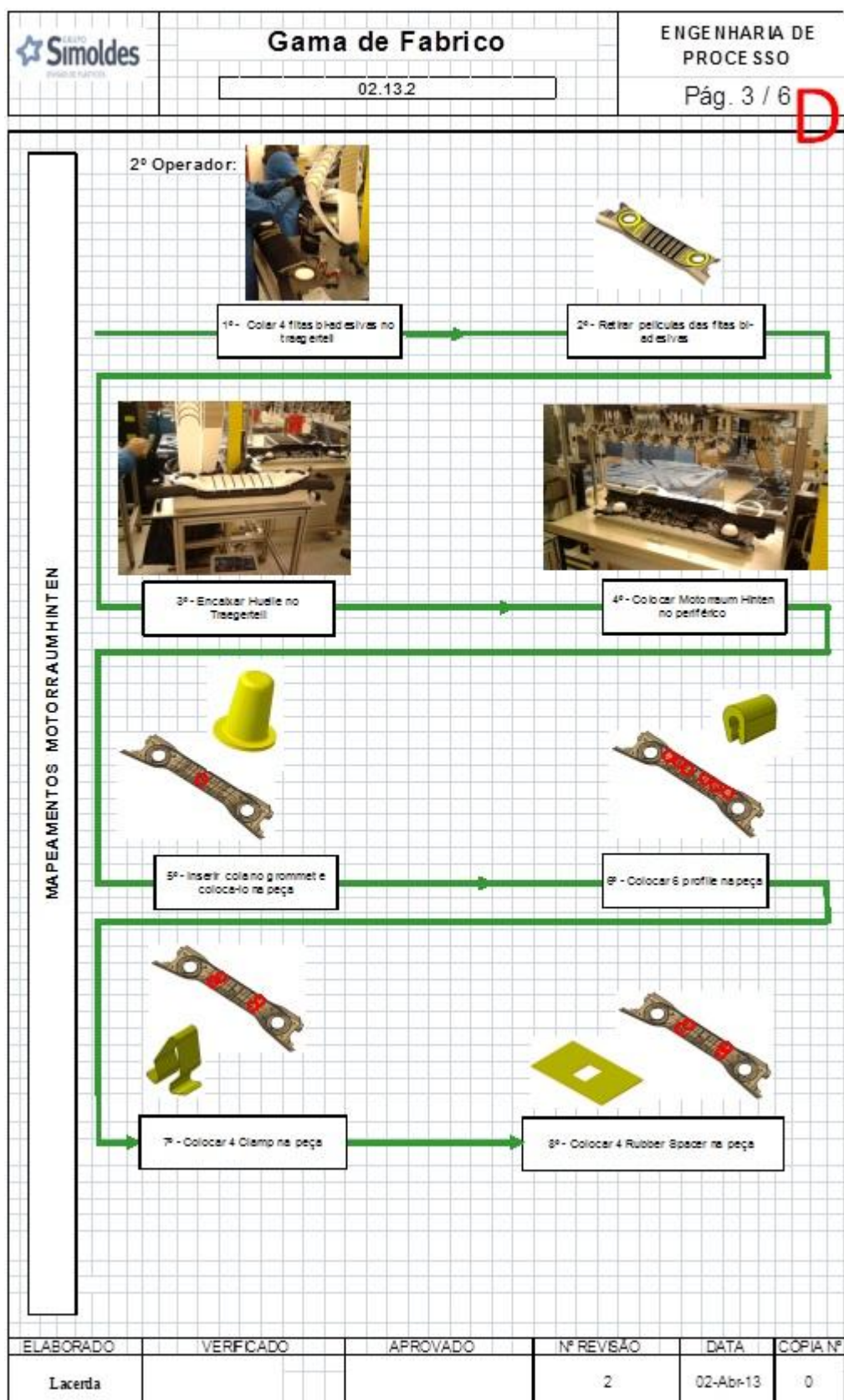


Figura 74 – Gama de Fabrico da Peça Verkl. Motorraum Hinten (2)

Anexo C.3

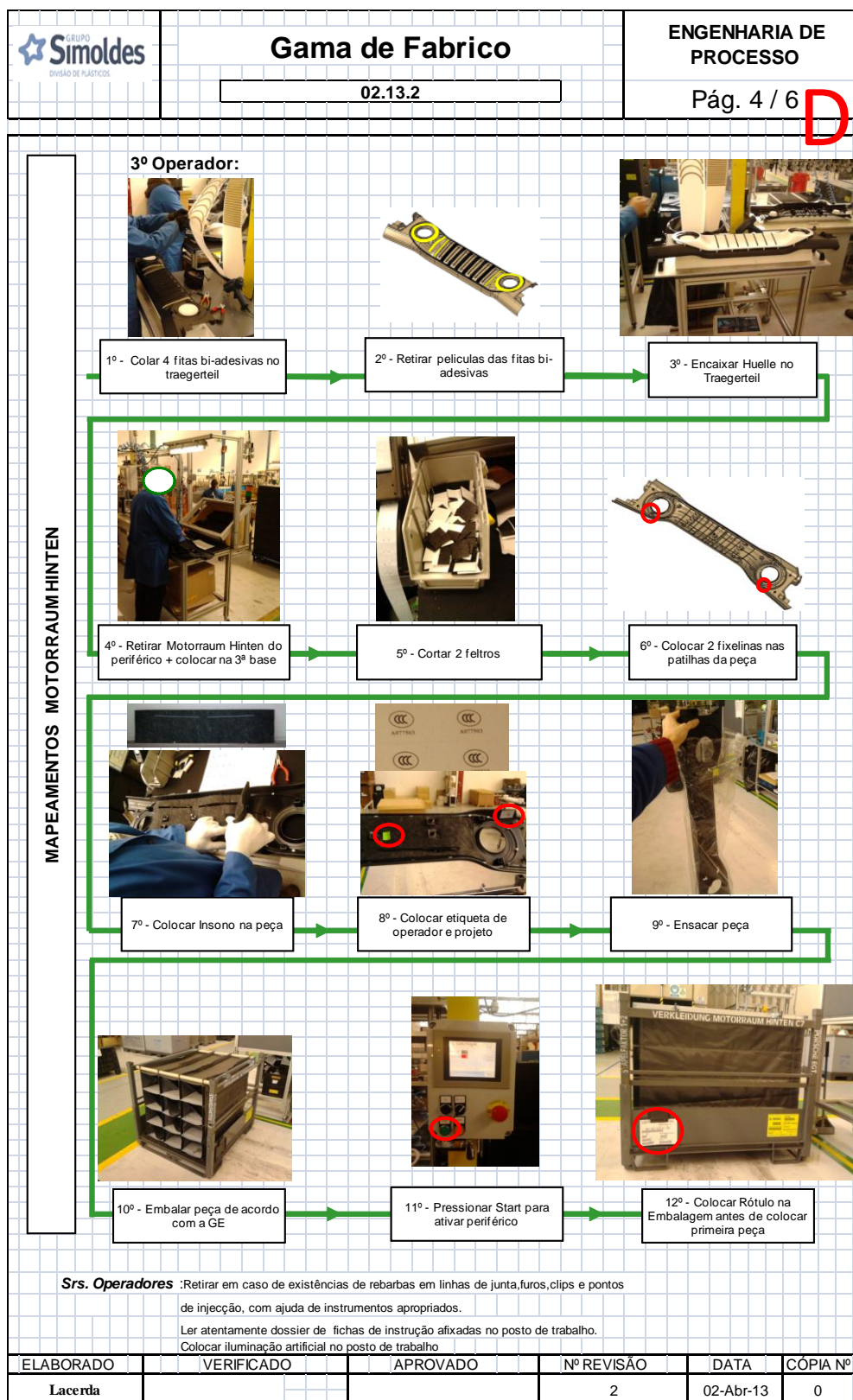
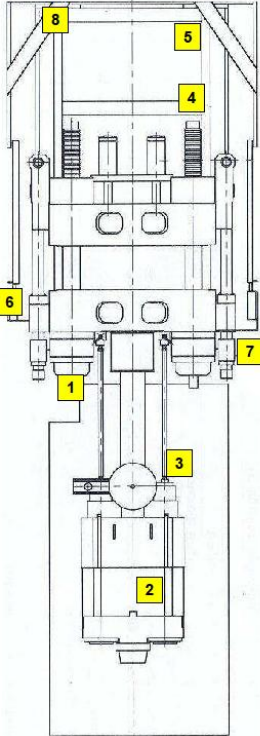




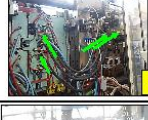

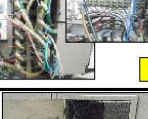



Figura 75 – Gama de Fabrico da Peça Verkl. Motorraum Hinten (3)

Anexo D

GRUPO Simoldes Divisão de Plásticos		EN 700 I		Data: 12/03/2013						
Plano de Manutenção Autónoma		Semana:								
		TAREFA ferramenta ou meio	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	1ª Mudança molde		
		Verificar nível de óleo hidráulico (entre risco preto e vermelho)	OK <input type="checkbox"/>							
		NOK <input type="checkbox"/>								
		Verificar fugas de óleo no bloco de injeção	OK <input type="checkbox"/>							
		NOK <input type="checkbox"/>								
		Verificar pontos de lubrificação	OK <input type="checkbox"/>							
		NOK <input type="checkbox"/>								
		Verificar fugas de água nas mangueiras de ligação ao molde e fluxómetros	OK <input type="checkbox"/>							
		NOK <input type="checkbox"/>								
	Verificar fugas de óleo nas válvulas e mangueiras de ligação ao molde	OK <input type="checkbox"/>								
	NOK <input type="checkbox"/>									
	Verificar o controlo da temperatura do óleo	OK <input type="checkbox"/>								
	NOK <input type="checkbox"/>									
	Verificar fugas de água no colector geral	OK <input type="checkbox"/>								
	NOK <input type="checkbox"/>									
	Despejar aparadeiras e recipientes colectores	OK <input type="checkbox"/>								
	NOK <input type="checkbox"/>									

No caso de detectar alguma anomalia o operador deverá avisar o responsável de módulo de imediato. Este plano destina-se a ser preenchido pelo turno das 8:00 h às 16:00 h

Figura 76 – Ficha de Manutenção Autónoma da Máquina EN 700 I

Fonte: Simoldes Plásticos, 2013